

DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

REVUE MENSUELLE

NOVEMBRE 1953

Sixième année, n° 71.

SOMMAIRE

A. MOLES, Méthode générale d'établissement du projet acoustique d'une salle. Application aux salles de cinéma.	Pages. 1003
J. VIVIÉ, Confort et qualité du spectacle cinématographique. Influences sur la conception technique des salles de cinéma.	1022
Série : Architecture et urbanisme (XI).	

JOURNÉES INTERNATIONALES DE CHAUFFAGE, VENTILATION, CONDITIONNEMENT DE L'AIR 1953

Générateurs.	1031
R. RABET, Chaudières automatiques modernes de chauffage central aux combustibles solides.	
H. MAUBOUCHÉ, Nouveaux générateurs à grand taux d'échange et à faible volume.	
Série : Équipement technique (XLI).	

Ch. MASSONNET, Recherches sur le dimensionnement et le raidissage rationnels de l'âme des poutres à âme pleine, en tenant compte du danger de voilement.	1061
Série : Construction métallique (XIII).	

J. JAROUSSEAU, Le trait de charpente (Troisième partie). L'escalier (I). Conception et exécution des escaliers, leurs caractéristiques générales.	1081
Manuel de la charpente en bois (XIV).	

Documentation technique réunie en août 1953.	1105
Documentation technique (LXIX).	

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES
ET DE DOCUMENTATION TECHNIQUE

19, RUE LA PÉROUSE, PARIS (XVI^e)

LABORATOIRES DU BATIMENT
ET DES TRAVAUX PUBLICS

12, RUE BRANCION, PARIS (XV^e)

BUREAU SECURITAS

9, AVENUE VICTORIA, PARIS (IV^e)

CENTRE D'INFORMATION ET DE
DOCUMENTATION DU BATIMENT

100, RUE DU CHERCHE-MIDI, PARIS (VI^e)

Édité par La Documentation Technique du Bâtiment et des Travaux Publics.
(Société à responsabilité limitée au capital de 600 000 F)

C. C. P. PARIS 8524-12

19, rue La Pérouse, PARIS-XVI^e

Tél. : PASsy 01-91

RÉUNION INTERNATIONALE DES LABORATOIRES D'ESSAIS ET DE RECHERCHES SUR LES MATÉRIAUX ET LES CONSTRUCTIONS (R. I. L. E. M.)

Le dernier comité de la R. I. L. E. M. auquel participaient les directeurs de laboratoires d'essais de matériaux de quinze pays a décidé d'organiser un colloque international à Paris. Le sujet en est : Les essais non destructifs du béton. Sont invités les spécialistes de tous pays ayant acquis une expérience de ces méthodes d'essais et toutes personnes intéressées. Une documentation microfilmée sera fournie aux participants. Ce colloque se tiendra à Paris aux Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics, 12, rue Brancion, dans la semaine du 11 au 17 janvier (la date sera précisée prochainement). Deux jours seront consacrés aux exposés et le troisième jour aux discussions et aux conclusions. Tous renseignements peuvent être demandés à M. Robert L'HERMITE, Directeur des Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics, 12, rue Brancion, Paris-XV^e.

Le programme du symposium est le suivant :

ESSAIS NON DESTRUCTIFS DU BÉTON

a) Essais soniques.

1^o Détermination des vitesses de propagation des ébranlements longitudinaux, transversaux, ondes de Rayleigh, amortissement.

a) Sur éprouvettes ;

b) En œuvre.

2^o Utilisation des mesures de vitesse pour la détection des défauts, fissures, singularités, reprises, variations de composition et de teneur en eau, etc.

3^o Relations entre vitesse, module d'élasticité et résistances mécaniques.

4^o Utilisation des méthodes soniques pour l'étude des autres matériaux, des sols, des roches.

b) Essais de dureté superficielle.

1^o Étude du rebondissement, différents appareils.

2^o Étude de l'empreinte, différents appareils.

3^o Étude comparative des résultats des mesures superficielles, des mesures soniques et des mesures de résistance à la rupture.

c) Essais par rayons γ et par neutrons.

1^o Étude de la compacité par rayons γ .

2^o Étude des teneurs en eau par bombardement neutronique.

CRÉATION DE LA SOCIÉTÉ DE CONTRÔLE TECHNIQUE ET D'EXPERTISE DE LA CONSTRUCTION (S. O. C. O. T. E. C.)

En raison du développement constant des missions confiées au Bureau Securitas, il est apparu nécessaire de répartir les tâches entre le Bureau Securitas d'une part et, d'autre part, une Société d'Ingénieurs créée à cet effet : la Société de Contrôle Technique et d'Expertise de la Construction (S. O. C. O. T. E. C.).

Le Bureau Securitas continue à se charger des études et recherches d'intérêt général concernant la sécurité des constructions ; les missions de contrôle et d'expertise proprement dites, missions qui ont un caractère plus technique que scientifique, sont exécutées depuis le 1^{er} octobre 1953 par la S. O. C. O. T. E. C., Société d'Ingénieurs, à responsabilité limitée et objet civil.

La S. O. C. O. T. E. C. a établi son siège, 9, avenue Victoria à Paris ; elle a pour Président-Gérant : M. P. LEBELLE.

Sa Direction est constituée comme suit :

— Directeur : M. A. BRENIER ;

— Directeur Adjoint : M. J. BLÉVOT ;

— Chef des Services Techniques : M. G. MERCY.

La S. O. C. O. T. E. C. a reçu l'agrément exclusif du Bureau Securitas pour l'application des règles et méthodes de cette Association ; l'activité technique de la S. O. C. O. T. E. C. s'exerce sous le contrôle et avec la garantie du Bureau Securitas qui visera les certificats de contrôle établis par la S. O. C. O. T. E. C.

ENSEIGNEMENT TECHNIQUE EXPÉRIMENTAL

Au cours de l'année scolaire 1952-1953, l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics a organisé des séances d'enseignement expérimental ayant pour objet d'illustrer les cours de béton armé professés dans diverses écoles d'ingénieurs et d'architectes : École Centrale, École des Arts et Métiers, École des Travaux Publics, École des Beaux-Arts.

Ces séances qui ont eu lieu aux Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics, 12, rue Brancion, ont permis à près de 500 élèves divisés en groupes de 20 environ et accompagnés par leurs professeurs, de voir effectuer sous leurs yeux les expériences fondamentales dont les résultats servent de bases aux calculs de résistance des poteaux et des poutres en béton armé.

Les professeurs ont apprécié le concours qui leur était ainsi apporté et les élèves se sont vivement intéressés aux expériences. Aussi, une nouvelle série de séances sera-t-elle organisée au cours de l'année scolaire 1953-1954. De plus, un essai d'extension du programme à la technique des constructions métalliques est envisagé.

Enfin, et comme suite aux demandes formulées par plusieurs chefs d'entreprises, des séances spéciales seront organisées en faveur des ingénieurs et techniciens en activité.

Pour l'établissement du programme de ces séances qui se dérouleront au Centre Expérimental du Bâtiment et des Travaux Publics, 12, rue Brancion, au cours du premier semestre de l'année 1954, l'Institut Technique sollicite dès maintenant les suggestions des chefs d'entreprise. En principe, chaque personne qui aura été inscrite pourra assister à trois séances durant chacune trois heures environ. Une contribution aux frais de préparation des éléments soumis aux essais, dont le montant sera fixé ultérieurement, sera demandée aux entreprises dont les ingénieurs et techniciens seront désignés pour assister aux séances. Les inscriptions sont reçues par l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, 19, rue La Pérouse, Paris-XVI^e, qui ne pourra en accepter pour la présente année scolaire, que 60 environ. Les inscriptions seront retenues dans l'ordre d'arrivée et la liste en sera close le 31 décembre 1953.

RÉSUMÉS (NOVEMBRE 1953)

SUMMARIES (NOVEMBER 1953)

Dif jim r

Acoustique des salles.

Méthode générale d'établissement du projet acoustique d'une salle. Application aux salles de cinéma. MOLES (A.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (novembre 1953), n° 71 [Architecture et urbanisme (XI)], 17 p., 32 fig.

L'objet de cet exposé est avant tout d'ordre pratique. Laissant de côté l'aspect théorique souvent nuageux des problèmes d'acoustique architecturale, il vise à préciser, à l'usage des architectes, décorateurs et installateurs, ce qu'il convient de faire et de ne pas faire dans le traitement acoustique d'une salle, selon le but auquel elle est destinée. Nous avons cherché à extraire de l'abondante littérature scientifique sur la question une méthode simple immédiatement applicable dans tous les cas courants. On a volontairement restreint le sujet aux petites et moyennes salles de concerts et aux salles de cinéma, éliminant les très grandes salles qui posent à l'architecte des problèmes spéciaux qu'il ne peut correctement résoudre qu'à l'aide de spécialistes.

CDU 534.84.

Dif jim r

Acoustical features of rooms.

General method for designing the acoustical scheme of a hall. Application to a movies hall. MOLES (A.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (November 1953), n° 71 [Architecture and town planning (XI)], 17 p., 32 fig.

The purpose of this paper is merely practical: it intends to give a simple and sufficiently accurate method of acoustical treatment of small and middle size rooms: lecture rooms, class rooms, cinemas, etc. We have tried to pick from the copious scientific literature about the subject some plain and immediate principles which may be applied without a too extensive knowledge of technical matters.

We therefore present a method allowing to avoid big mistakes without too delicate measurements. Accordingly, we discuss, regarding the future uses of the rooms, the designs of the shape, of reverberation time, of quantity and nature of absorbant material, its repartition and the adjustments and tests when the hall is built.

UDC 534.84.

Fec nel

Cinémas.

Confort et qualité du spectacle cinématographique. Influences sur la conception technique des salles de cinéma. VIVIÉ (J.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (novembre 1953), n° 71 [Architecture et urbanisme (XI)], 9 p., 24 fig.

L'auteur détaille les caractéristiques qui doivent être réalisées tant pour l'architecture d'une salle de cinéma que pour son équipement en vue de garantir le meilleur confort et la qualité la plus élevée.

Examinant d'abord les problèmes de la vision, il détaille les conditions du rendu perspectif et du rendu géométrique des images pour aborder ensuite le problème du rendu des contrastes. Sur tous ces points, la normalisation actuelle a fixé des limites qu'il convient de respecter.

Poursuivant ensuite sur le problème du confort, il indique quels en sont les éléments essentiels. Après avoir dégagé les grandes lignes des caractéristiques du spectacle cinématographique, l'auteur envisage les possibilités d'avenir en fonction de l'orientation actuelle qui conduit à prévoir l'implantation de grands écrans présentant un certain allongement.

Ce sont enfin les problèmes de l'audition qui sont examinés au double point de vue de la qualité et de la normalisation. L'auteur se réfère aux essais qui sont couramment effectués par la commission de contrôle de la Commission Supérieure Technique du Cinéma et conclut en soulignant la validité des données techniques qui doivent à l'heure actuelle guider tout projet d'élaboration d'une salle de cinéma.

CDU 725.823.4.

Fec nel

Moving pictures.

Comfort and quality of moving pictures (cinéma) spectacle. Influences on the technical conception of moving pictures theaters. VIVIÉ (J.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (November 1953), n° 71 [Architecture and town planning (XI)], 9 p., 24 fig.

The author summarizes the architectural and equipment characteristics of a moving pictures theater so as to guarantee the greatest confort and quality.

First examining the problems of vision, he describes the perspective and geometric presentation of pictures and then takes up the problem of contrast. On all these points, present day standardization has set limits which should be observed.

Continuing then on the problem of comfort, he indicates its essential elements after presenting the broad lines of the characteristics of moving pictures presentation; the author considers the future possibilities in terms of today's tendency, which foresees the introduction of large, somewhat elongated screens.

On conclusion the auditory problems are examined on the double aspect of quality and standardization. The author refers to the tests presently performed by the Technical Committee for Moving Pictures (Commission Supérieure Technique du Cinéma) and stresses the validity of the technical data which should rule any moving pictures theater design at the present time.

UDC 725.823.4.

Dic l' cof l

Congrès du chauffage.

Chaudières automatiques modernes de chauffage central aux combustibles solides. RABET (R.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (novembre 1953), n° 71 [Équipement technique (XLI)], 19 p., 30 fig.

Le conférencier après avoir défini les groupes et les chaudières automatiques précise les caractéristiques de leurs foyers, ainsi que de leurs échangeurs. Passant aux groupes automatiques dont on indique les caractéristiques, il définit ensuite le classement usité des chaudières automatiques.

Après avoir décrit les principales chaudières automatiques couramment utilisées dans le marché, il nous donne d'importants aperçus sur les économies de combustible et de main-d'œuvre susceptibles d'être obtenues avec le chauffage automatique. Il envisage, dans un proche avenir, une place prépondérante pour ce mode de chauffage, si toutefois son expansion n'est pas entravée par des textes législatifs contraires à l'intérêt général.

CDU 697 (061.3).

Dic l' cof l

Congress for heating.

Modern automatic boilers for central heating with solid fuels. RABET (R.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (November 1953), n° 71 [Technical equipment (XLI)], 19 p., 30 fig.

After having defined the automatic boilers and boiler sets, the lecturer describes the characteristics of their fire-boxes and heat exchangers. Taking up the automatic sets, the characteristics of which he defines, he then expounds the common classification of automatic boilers.

After describing the principal automatic boilers commonly available commercially, he makes some important points on savings on fuel and labor which can be made with automatic heating. He foresees in the near future a preponderant place for such a type of heating, provided that its expansion is not hindered by legislation contrary to the general welfare.

UDC 697 (061.3).

Nouveaux générateurs à grand taux d'échange et à faible volume. MAUBOUCHE (H.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (novembre 1953), n° 71 [Équipement technique (XLI)], 10 p., 13 fig.

Débutant par un exposé historique, l'auteur examine l'évolution des différents générateurs de vapeur.

Les appareils les plus anciens comprenaient des volumes d'eau considérables et des maçonneries importantes. Les vitesses des fluides étaient faibles et les rendements bas.

Les utilisateurs demandant aux générateurs une souplesse de plus en plus grande et des rendements accrus, les constructeurs durent diminuer les masses et les volumes, tout en accroissant les rendements et la souplesse.

L'auteur examine alors les différentes solutions récemment proposées sur le marché mondial et donne la description des principes de construction et les résultats obtenus sur des modèles récents.

CDU 697 (061.3).

New boilers with a large exchange rate and a small capacity. MAUBOUCHE (H.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (November 1953), n° 71 [Technical equipment (XLI)], 10 p., 13 fig.

Starting with a historical survey, the author examines the evolution of the different types of steam generators.

The oldest designed boilers required exceptionally large water volumes, and a large quantity of masonry. The velocity of fluids were very slow and efficiency very poor.

The users were demanding generators with more flexibility and higher efficiencies. Therefore, in order to meet these requirements, the builders were obliged to reduce the weights and volumes and at the same time to increase the efficiencies.

The author then examines the solutions recently proposed on the world market, and describes the principle of construction and the results obtained with some recent types.

UDC 697 (061.3).

Recherches sur le dimensionnement et le raidissage rationnels de l'âme des poutres à âme pleine en tenant compte du danger de voilement. MASSONNET (Ch.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (novembre 1953), n° 71 [Construction métallique (XIII)], 20 p., 27 fig.

L'emploi de plus en plus étendu de la poutre métallique à âme pleine, qui se prête à une réalisation aisée au moyen de la soudure pose, en raison des grandes portées actuellement atteintes, le problème du raidissage de l'âme. Après un bref rappel de la théorie classique du voilement élastique et du voilement plastique et un examen critique de cette théorie en comparaison avec l'expérience, l'auteur relate des essais exécutés sur une poutre à raidisseurs surabondants en vue d'étudier la stabilité au voilement des panneaux d'âme; on a ainsi déterminé les charges critiques de divers panneaux; les essais ont été ensuite poussés jusqu'à la ruine. Les résultats obtenus ont conduit à l'établissement d'un abaque qui permet : a) de déterminer le coefficient de sécurité au voilement d'un panneau; b) de déterminer l'espacement des raidisseurs verticaux pour un coefficient de sécurité donné du panneau; c) de déterminer l'épaisseur d'une âme de largeur et de hauteur données pour un coefficient de sécurité donné.

Toutefois les raidisseurs verticaux ont peu d'action sur la stabilité au voilement par flexion; la position optimum d'un raidisseur horizontal peut être déterminée par un abaque auxiliaire établi par l'auteur. Enfin le profil des poutres classiques pourrait être mieux protégé du risque de flambement de la membrure comprimée par le choix, pour celle-ci, d'un profil tubulaire.

CDU 693.97.

Research on rational dimensioning and stiffening of plate girder webs taking into account the danger of warping. MASSONNET (Ch.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (November 1953), n° 71 [Metal construction (XIII)], 20 p., 27 fig.

The ever greater use of metal plate girders which are adapted to easy assembly through welding, makes webs stiffening a problem because of the large spans of the present time. After a brief review of the classical theory of elastic and plastic warping and a critical examination of this theory as compared with experimental knowledge, the Author describes tests performed on a girder with redundant stiffeners in order to investigate the stability against warping of the web panels. The critical loads of different panels were thus determined and the tests were continued subsequently to failure. The results obtained have led to a graph which makes it possible : a) to determine the factor of safety of a panel against warping; b) to determine the spacing of vertical stiffeners for a given factor of safety of a panel; c) to determine the thickness of a web of a given width and height for a given factor of safety.

However the vertical stiffeners exert only a small influence on the warping stability in bending. The optimum position of a horizontal stiffener may be determined by an auxiliary graph made out by the author. In conclusion, the shape of traditional beams may be better protected against the risk of buckling of the chord or boom in compression by selecting a tubular section for the latter.

UDC 693.97.

L'escalier (I) : conception et exécution des escaliers, leurs caractéristiques générales. JAROUSSEAU (J.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (novembre 1953), n° 71 [Manuel de la charpente en bois (XIV)], 24 p., 69 fig.

Le présent article donne la description des éléments constitutifs de l'escalier : marches, contremarches, limon et crémaillère, poteaux, balustres et mains courantes, puis l'étude du giron et des hauteurs de marches et la classification des escaliers. Il traite ensuite de l'étude des projets, du tracé des dessins d'exécution et du tracé des épures de chantier. Il décrit la préparation des bois, le tracé du débit des marches, l'établissement des limons et des crémaillères, le tracé sur l'épure des balustrades, l'exécution des assemblages et des encastrement, la finition à l'atelier, enfin la pose à pied d'œuvre.

CDU 690.26 : 694.1.

The stairs (I) : design and construction of stairs, their general characteristics. JAROUSSEAU (J.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (November 1953), n° 71 [Manual of framed wooden structures (XIV)], 24 p., 69 fig.

This article describes the constituting elements of stairs : steps, risers, stringers, posts, balusters and hand rails; then comes the investigation of the tread and height of the steps and the classification of stairs. Subsequently, it deals with design and plotting of workshop and field drawings. It describes the preparation of the wood, the plotting of the steps, the execution of the stringers and racks, the laying out of the balustrades, the making of joints and embeddings, the shop finishing and, in conclusion, the laying of the stairs on site.

UDC 690.26 : 694.1.

SUPPLÉMENT AUX

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

NOVEMBRE 1953

Sixième Année, N° 71.

Série : ARCHITECTURE ET URBANISME (XI).

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SÉANCE DU 9 DÉCEMBRE 1952

**MÉTHODE GÉNÉRALE D'ÉTABLISSEMENT
DU PROJET ACOUSTIQUE D'UNE SALLE**
Application aux salles de cinéma.

Par **M. A. MOLES**, Docteur ès Sciences Physiques. Ingénieur I. E. G.

**CONFORT ET QUALITÉ
DU SPECTACLE CINÉMATOGRAPHIQUE**
**Influences sur la conception technique
des salles de cinéma.**

Par **M. J. VIVIÉ**,

Ingénieur Civil des Mines, Secrétaire général de la Commission Supérieure Technique du Cinéma.

INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

Résumés.

MÉTHODE GÉNÉRALE D'ÉTABLISSEMENT DU PROJET ACOUSTIQUE D'UNE SALLE

Application aux salles de cinéma.

L'objet de cet exposé est avant tout d'ordre pratique. Laissant de côté l'aspect théorique souvent nuageux des problèmes d'acoustique architecturale, il vise à préciser, à l'usage des architectes, décorateurs et installateurs, ce qu'il convient de faire et de ne pas faire dans le traitement acoustique d'une salle, selon le but auquel elle est destinée. Nous avons cherché à extraire de l'abondante littérature scientifique sur la question une méthode simple immédiatement applicable dans tous les cas courants. On a volontairement restreint le sujet aux petites et moyennes salles de concerts et aux salles de cinéma, éliminant les très grandes salles qui posent à l'architecte des problèmes spéciaux qu'il ne peut correctement résoudre qu'à l'aide de spécialistes.

Summaries.

GENERAL METHOD FOR THE ACOUSTICAL DESIGN OF A HALL

Application to the movies halls.

The purpose of this paper is merely practical : it intends to give a simple and sufficiently accurate method of acoustical treatment of small and middle size rooms : lecture rooms, class rooms, cinemas, etc. We have tried to pick from the copious scientific literature about the subject some plain and immediate principles which may be applied without a too extensive knowledge of technical matters.

We therefore present a method allowing to avoid big mistakes without too delicate measurements. Accordingly, we discuss, regarding the future uses of the rooms, the designs of the shape, of reverberation time, of quantity and nature of absorbant material, its repartition and the adjustments and tests when the hall is built.

CONFORT ET QUALITÉ

DU SPECTACLE CINÉMATOGRAPHIQUE

Influences sur la conception technique des salles de cinéma

L'auteur détaille les caractéristiques qui doivent être réalisées tant pour l'architecture d'une salle de cinéma que pour son équipement en vue de garantir le meilleur confort et la qualité la plus élevée.

Examinant d'abord les problèmes de la vision, il détaille les conditions du rendu perspectif et du rendu géométrique des images pour aborder ensuite le problème du rendu des contrastes. Sur tous ces points, la normalisation actuelle a fixé des limites qu'il convient de respecter.

Poursuivant ensuite sur le problème du confort, il indique quels en sont les éléments essentiels. Après avoir dégagé les grandes lignes des caractéristiques du spectacle cinématographique, l'auteur envisage les possibilités d'avenir en fonction de l'orientation actuelle qui conduit à prévoir l'implantation de grands écrans présentant un certain allongement.

Ce sont enfin les problèmes de l'audition qui sont examinés au double point de vue de la qualité et de la normalisation. L'auteur se réfère aux essais qui sont couramment effectués par la camionnette de contrôle de la Commission Supérieure Technique du Cinéma et conclut en soulignant la validité des données techniques qui doivent à l'heure actuelle guider tout projet d'élaboration d'une salle de cinéma.

COMFORT AND QUALITY OF A MOVIES SHOW

Influences on the technical design of the movies halls.

The author summarizes the architectural and equipment characteristics of a moving pictures theater so as to guarantee the greatest confort and quality.

First examining the problems of vision, he describes the perspective and geometric presentation of pictures and then takes up the problem of contrast. On all these points, present day standardization has set limits which should be observed.

Continuing then on the problem of confort, he indicates its essential elements after presenting the broad lines of the characteristics of moving pictures presentation; the author considers the future possibilities in terms of today's tendency, which foresees the introduction of large, somewhat elongated screens.

On conclusion the auditory problems are examined on the double aspect of quality and standardization. The author refers to the tests presently performed by the Technical Committee for Moving Pictures (Commission Supérieure Technique du Cinéma) and stresses the validity of the technical data which should rule any moving pictures theater design at the present time.

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

EXPOSÉ DE M. MOLES

Introduction.

L'acoustique architecturale comporte deux domaines distincts :

L'*acoustique intérieure*, qui est l'étude de la propagation du son dans une enceinte fermée dans laquelle se trouvent à la fois l'auditeur et la source. Généralement, le problème alors posé sera d'entendre le mieux possible cette source en dépit des réflexions du son ;

L'*acoustique extérieure* qui correspond, au contraire, au cas où la source se trouve dans une enceinte différente de celle où se trouve l'auditeur, dans la rue par exemple, et le problème sera généralement de débarrasser l'auditeur de cette source gênante ; c'est un problème d'isolement sonore.

Dans le premier cas, la difficulté essentielle est soulevée par la réflexion du son sur les parois de la salle, aussi rappellerons-nous qu'on appelle « coefficient d'absorption par réflexion » a_r la grandeur définie par :

$$a_r = 1 - \frac{I_r}{I_0} = 1 - \left(\frac{A_r}{A_0} \right)^2$$

I_r , I_0 , A_r , A_0 étant respectivement les intensités et les amplitudes (pressions sonores) réfléchies et incidentes (fig. 1 a). Ce facteur exprime la proportion d'énergie absorbée par unité de surface de la paroi. Elle est d'ailleurs variable avec l'angle d'incidence et l'on se contentera ici de considérer un coefficient d'absorption moyen :

$$a_r = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi/2} a_r(i) \cos i \, di.$$

Ainsi, puisque l'absorption du son est fonction de la surface totale offerte par le matériau à l'onde sonore, ce seront les matériaux ayant le rapport : surface totale/prix au kilogramme le plus grand, qui seront les plus intéressants, c'est-à-dire l'ensemble des matériaux poreux.

En acoustique extérieure, au contraire, le son issu de la source doit traverser les parois avant de parvenir à l'auditeur. Il s'en trouve atténué et l'on définira aussi un « coefficient d'absorption par transmission » (fig. 1 b)

inverse de la « transparence » par la relation :

$$a_t = 1 - \frac{I_t}{I_0} = 1 - \left(\frac{A_t}{A_0} \right)^2$$

Ce coefficient croît légèrement avec la fréquence du son et varie à peu près comme le poids par mètre carré de cloison. Ce seront donc ici les matériaux présentant le rapport : poids par mètre carré/prix au kilogramme le plus grand, c'est-à-dire ayant la densité maximum pour un même prix qui seront économiquement les plus intéressants.

Dans ce qui suit, nous nous intéresserons surtout à l'étude de l'acoustique intérieure.

Ce sont les progrès du cinéma sonore qui ont rendu la notion de bonne acoustique d'une salle évidente aux oreilles du public. Il suffit de réentendre un film qu'on avait autrefois vu dans une bonne salle d'exclusivité pour pouvoir porter d'après l'impression reçue un jugement sur la qualité acoustique d'une salle de cinéma. C'est une expérience que le public a souvent l'occasion de faire et qui le rend de plus en plus exigeant au cours des dernières années.

Relations fondamentales.

1° Niveau sonore.

On mesure généralement les niveaux sonores, non par la pression P ou par l'intensité I mais par une unité logarithmique, le « décibel », reliée à ces grandeurs par la relation :

$$N_{dB} = 20 \log_{10} \frac{P_1}{P_2} = 10 \log_{10} \frac{w}{w_0}$$

relation qui est basée sur la loi psycho-physiologique de Fechner : « la sensation est proportionnelle au logarithme de l'excitation ». Le nombre de décibels coïncide donc avec la variation même de la sensation S subie par l'auditeur quand l'excitation (pression sonore sur l'oreille) a varié de P_2 à P_1 .

Si, dans cette formule, on fixe le niveau P_2 « de référence » au seuil d'audibilité de l'oreille humaine à 1 000 Hz : $2 \cdot 10^{-4}$ baryes par convention, on disposera d'un repérage des niveaux acoustiques, véritable mesure de la sensation sonore éprouvée. On parlera alors de décibels acoustiques définis par :

$$(1) \quad N_{dB.ac} = 20 \log_{10} \frac{\text{Pression (baryes)}}{2 \cdot 10^{-4}}$$

Le niveau sonore apparent varie cependant encore notablement selon la fréquence considérée : ainsi, il est nettement plus faible aux basses fréquences que le niveau réel en décibels. On exprimera l'impression subjective de l'auditeur en phones, unité qui coïncide avec le décibel acoustique à 1 000 Hz, et s'en écarte notablement aux basses fréquences, pour les sons faibles.

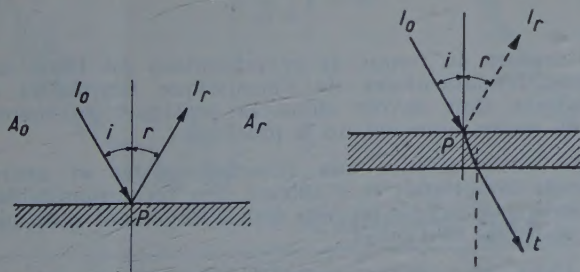


FIG. 1 a. — Définition du coefficient d'absorption par réflexion.

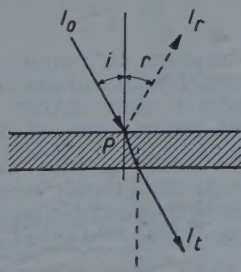


FIG. 1 b. — Définition du coefficient d'absorption par transmission.

Ainsi :

0 dB ou	0 phone	= Seuil d'audition (sensation nulle);
35-40 dB	25 à 35 phones	= Bruit de fond du public pendant la projection au cinéma;
60-65 dB	55 à 60 phones	= Bruit de fond du public pendant l'entr'acte;
65-75 dB	65 à 70 phones	= Niveau sonore fourni par un conférencier;
75-80 dB	75 à 80 phones	= Niveau confortable d'audition au cinéma;
85 dB	85 phones	= Niveau confortable d'audition de la musique symphonique;
105 dB		= Niveau gênant d'un son.

2° Temps de réverbération.

Quand on émet brusquement un son continu dans une salle, celui-ci ne s'établit pas instantanément, mais la pression sonore en un point se met à croître (fig. 2) tendant de façon théoriquement exponentielle vers une valeur limite où l'énergie dissipée par les parois est égale à l'énergie produite par la source à chaque instant.

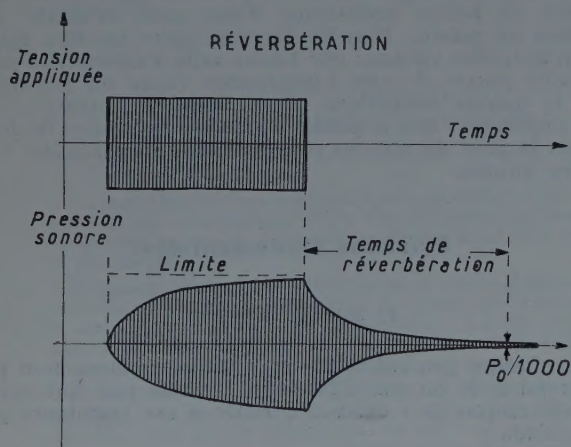


FIG. 2. — Réverbération : établissement et extinction du son dans une enceinte.

Si l'on arrête la source brusquement, le son décroît de même, exponentiellement :

$$P = P_0 e^{-kAt/V} \quad (\text{baryes, secondes, mètre cube})$$

ou

$$W = W_0 e^{-2kAt/V} \quad (\text{watts, mètre cube})$$

ou, en décibels :

$$(N_0 - N) = k(T - t) \quad (\text{décibels, secondes})$$

et l'on appellera *temps de réverbération* le temps mis par le son pour atteindre le millionième de son intensité initiale, ou le millième de sa pression sonore initiale, soit 60 dB.

Dans la pratique, l'extinction du son ne se produit jamais sous forme exponentielle, mais selon une courbe compliquée dont on peut montrer cependant que l'aire est voisine de celle qu'aurait une décroissance exponentielle rigoureuse (fig. 3); cette aire exprime en effet

la dissipation globale d'une certaine énergie dans la salle par les parois et l'on peut considérer que l'acoustique des salles revient à « remplir de son » une enceinte poreuse comme on la remplirait d'un gaz : l'équilibre s'établit quand les fuites sont égales au débit du gaz et si l'on arrête la vanne, la pression décroît progressivement de façon exponentielle.

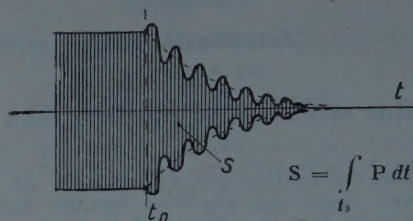


FIG. 3. — L'aire de la courbe d'extinction ne dépend pas de sa forme, elle exprime l'énergie dissipée et est égale à celle que délimiterait l'exponentielle théorique.

Le temps de réverbération est lié aux caractéristiques de la salle par la relation dite de Sabine :

$$(2) \quad T_r = 0,16 \frac{V}{a_1 S_1 + a_2 S_2 + \dots}$$

T_r étant exprimé en s, V en m^3 et S en m^2

a_1, a_2, \dots étant les coefficients d'absorption par réflexion des surfaces S_1, S_2, \dots formant les parois de la salle; ces coefficients varient évidemment entre :

- zéro : réflecteur parfait (verre, métal)
- 1 : absorbant parfait (laine, fenêtre ouverte).

On écrira :

$$P = P_0 e^{-T/T_r}$$

La puissance W nécessaire pour qu'une source sonore produise dans une salle d'absorption ΣaS , une intensité sonore donnée I est donnée par la formule :

$$(3) \quad I = 4W/c\Sigma aS$$

I étant exprimé en W/cm^2 , N en watts, $c = 340 \times 10^2$ cm/s.

Plus la réverbération est grande, moins la source a besoin d'être puissante pour assurer un même niveau sonore à l'auditoire comme le montre la formule (3) en l'écrivant sous la forme :

$$W = I \frac{c}{4} \frac{V}{T_r}$$

La mesure du temps de réverbération est l'une des mesures fondamentales de l'acoustique des salles et l'architecte doit savoir sinon la pratiquer lui-même, tout au moins comment on la pratique.

Sans avoir recours aux réverbéromètres et autres appareils compliqués et d'ailleurs peu recommandables, signalons les procédés les plus usuels largement suffisants pour les salles moyennes :

a) Dans un silence complet, l'opérateur supposé pourvu d'une bonne audition et d'un compte-secondes se place au milieu de la salle. Il prononce à voix très

haute (70 dB environ) la syllabe très brève « top » et contemplant son compte-secondes, il écoute avec attention l'instant où le son disparaît définitivement. L'expérience est reprise plusieurs fois, les premiers essais servant à se faire l'oreille. On arrive ainsi à mesurer très simplement les temps de réverbération moyens de 2 à 5 s à moins de 10 % près, ce qui est amplement suffisant. Pour des temps de réverbération faibles, la méthode précédente ne convient plus, car elle donne lieu à des erreurs grossières;

b) Un oscillateur basse fréquence et un haut parleur sont disposés dans la salle à l'emplacement approximatif de la future source sonore. Un microphone (un petit haut parleur à aimant permanent convient très bien) est relié à un oscillographe cathodique, appareil très courant actuellement partout et facile à employer et l'on règle l'oscillateur de façon à avoir une déviation de l'ordre de 5 cm sur l'oscillographe avec un spot bien fin. On coupe brusquement la source et l'on attend l'instant où la déviation de l'oscillographe s'est définitivement annulée (employer un balayage très lent). Ce délai représente à peu près $2/3 T_r$. Ce procédé, un peu plus compliqué que le précédent, présente deux avantages :

1° Il permet d'opérer à fréquence bien définie et réglable. Le temps de réverbération est, en effet, dans la plupart des salles très différent aux fréquences graves inférieures à 800 Hz et aux fréquences aiguës supérieures à 1 000 Hz;

2° L'examen de la décroissance du son donne une idée sur les défauts acoustiques de la salle, la présence d'interférences se traduisant par des suites de maxima relatifs, durant l'extinction, particulièrement dans les salles avec balcons ou piliers (fig. 4). La figure 5 montre par exemple la différence entre l'extinction du son en un point d'une salle reconnu bon et un point mauvais.

Il fournit, lui aussi, un temps de réverbération moyen \bar{T}_r correspondant à l'aire de la courbe d'extinction définie plus haut. Une méthode plus précise de dépouillement consiste, en réglant un balayage lent sur l'oscillographe, à décaler cette courbe, à en mesurer la surface et à

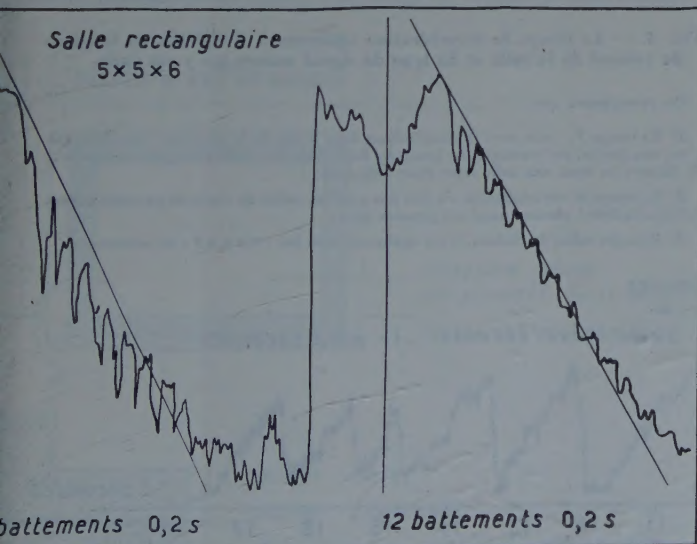


FIG. 4. — Fluctuations du son durant l'extinction dues à des interférences.

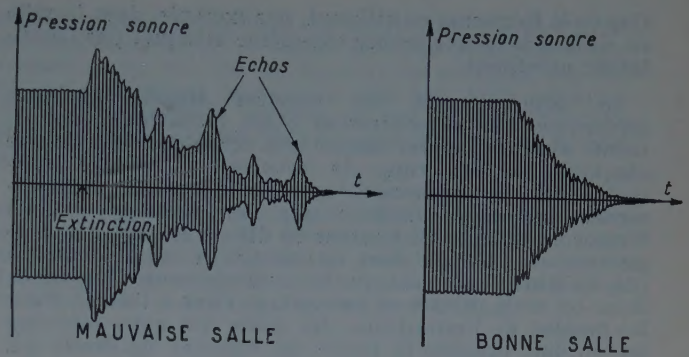


FIG. 5. — Différences de décroissance du son entre une bonne et une mauvaise salle (relevées au bathymètre et à l'oscillateur basse fréquence).

A gauche, l'extinction du son révèle :

- a) Une réverbération exagérée;
- b) Des échos parasites très perceptibles;
- c) Une très grande irrégularité dans la décroissance.

A droite, l'extinction du son est régulière, voisine de l'exponentielle, elle est assez brève, pas d'échos ni d'ondes stationnaires.

en tirer \bar{T}_r par la relation :

$$\bar{T}_r = 7 \frac{S_{mm^2}}{P_{1mm} V_{mm/s}}$$

Ce procédé de dépouillement convient dans le cas des temps de réverbération très courts (salles de cinéma).

c) De toute façon, pour les grandes salles, des mesures précises s'avèrent généralement indispensables. Il est alors nécessaire de disposer d'un enregistreur logarithmique de niveau de type Neumann dont le modèle le plus pratique est celui construit actuellement par la Société Bruel et Kjaer de Copenhague, et dont il existe de nombreux exemplaires en France. Le montage comporte alors un microphone préamplificateur, ou oscillographe servant de préamplificateur, et le bathymètre. On peut, par ce procédé, relever séparément soit la réverbération aux différentes fréquences en arrêtant la source et mesurant la pente de la courbe, d'où le temps de décroissance de 60 dB (fig. 6), soit la « réponse globale » de la salle en fon-

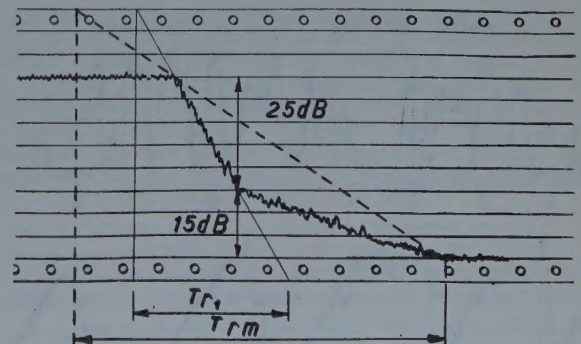


FIG. 6. — Le dépouillement des mesures de réverbération à l'enregistreur logarithmique.

On remarquera la différence entre le « temps de première réverbération » de la première phase et le temps moyen que l'on obtiendrait en traçant une droite unique : ce dernier n'a pas de sens précis.

tion de la fréquence en utilisant, par exemple, dans la salle de cinéma la source sonore elle-même attaquée par l'oscillateur précédent.

Le dépouillement des mesures appelle quelques remarques : la réverbération étant rarement régulière, même avec une source sonore très complexe telle qu'une claquette ou un coup de revolver, la courbe puisqu'elle est en coordonnées logarithmiques, devrait représenter une droite inclinée que l'on prolonge jusqu'à former un triangle de hauteur 60 dB sur le papier d'enregistrement, triangle dont on mesure le côté horizontal (fig. 6), il arrive souvent que la courbe présente l'aspect de deux ou trois droites se raccordant l'une à l'autre. Pour les besoins de l'acoustique des salles qui nous intéresse ici, on doit prendre la pente du segment de droite qui suit immédiatement l'arrêt de la source en faisant coïncider une règle avec si possible 20 à 30 dB (rapport 1/10 à 1/30). C'est, en effet, cette partie qui intéresse l'intelligibilité (fig. 6) dans la construction de la salle, le reste de la courbe correspondant à un pourcentage déjà petit de l'énergie sonore qui ne peut plus perturber l'intelligibilité. En particulier, il serait erroné de prendre la pente de la droite joignant l'arrêt et la fin de l'extinction, le temps que l'on trouverait serait beaucoup plus grand et sans rapport avec l'intelligibilité réelle qui, ici, nous intéresse.

Intelligibilité i %.

On appelle intelligibilité i % d'une source S en un point P le pourcentage correctement perçu par un auditeur placé en P de syllabes dépourvues de sens par elles-mêmes (logatomes) prononcées à voix haute (60 dB) par un opérateur placé en S (voir tableau de logatomes, p. 1020).

S'il est évident que ce pourcentage dépend de l'opérateur en S et de l'auditeur en P, on peut, par un jeu de moyennes, éliminer leurs influences respectives et l'intelligibilité ne dépend alors que des caractéristiques acoustiques de la salle dans laquelle on opère.

L'intelligibilité est liée au temps de réverbération T_r par une relation traduite par la courbe figure 7. Il est évident que, lorsque la réverbération augmente, les syllabes finissent par se chevaucher les unes les autres réduisant ainsi la compréhension distincte de chacune d'elles.

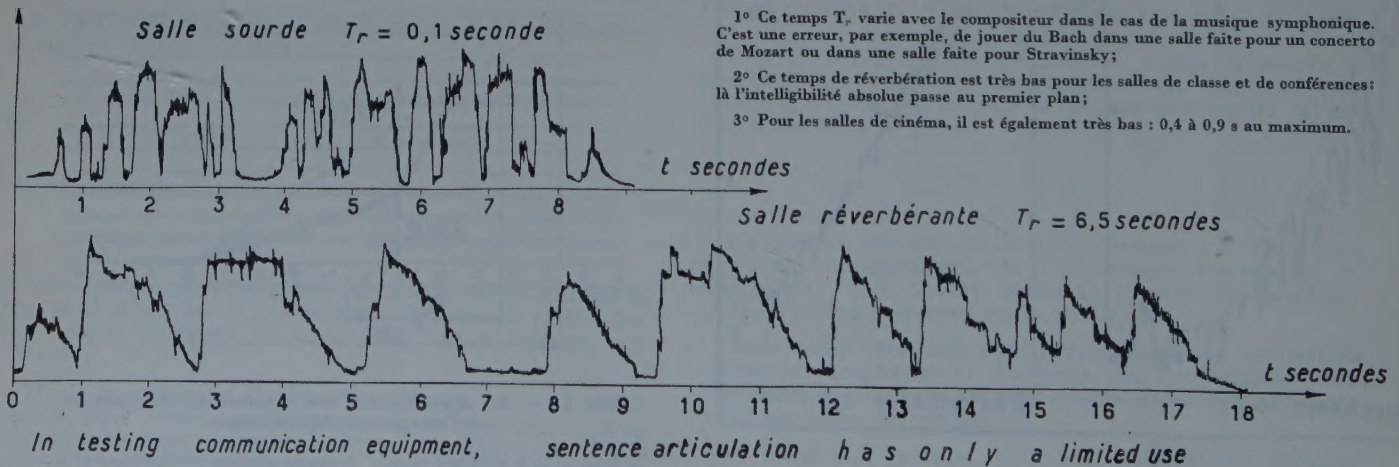


FIG. 7. — La relation entre l'intelligibilité et le temps de réverbération est mise en évidence par le chevauchement des syllabes qui se produit.

Éléments du projet.

Il apparaît alors que la règle fondamentale de l'acoustique des salles revient à choisir un compromis entre intelligibilité et temps de réverbération, déterminé par l'absorption de la salle relativement à son volume.

L'intelligibilité, pour être maximum, requiert, en effet, un temps de réverbération le plus faible possible, mais ce temps doit, contrairement, être le plus grand possible pour assurer un niveau sonore suffisant à l'auditeur (55 à 65 dB pour la parole, 75 dB pour la musique enregistrée ou le son de piste sonore) avec une source de puissance limitée soit par sa nature (voix d'un conférencier), soit par des considérations de rendement utile (appareils amplificateurs).

Enfin, une bonne audition de la musique exige un temps de réverbération défini en fonction du morceau, généralement assez élevé pour des raisons purement esthétiques (fig. 8). Le moyen terme adopté dépendra alors du but poursuivi selon qu'on doit utiliser la salle :

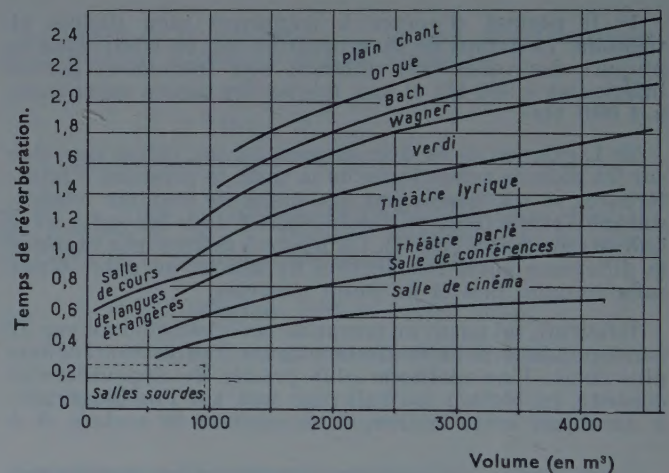


FIG. 8. — Le temps de réverbération optimum à 1 000 Hz en fonction du volume de la salle et du type de signal sonore qui y est émis.

On remarquera que :

- 1° Ce temps T_r varie avec le compositeur dans le cas de la musique symphonique. C'est une erreur, par exemple, de jouer du Bach dans une salle faite pour un concerto de Mozart ou dans une salle faite pour Stravinsky;
- 2° Ce temps de réverbération est très bas pour les salles de classe et de conférences : là l'intelligibilité absolue passe au premier plan;
- 3° Pour les salles de cinéma, il est également très bas : 0,4 à 0,9 s au maximum.

- a) Pour de la musique : soli ou concert;
- b) Pour de la parole : salles de conférences ou amphithéâtre;
- c) Pour du son enregistré.

En effet, dans ce dernier cas, la musique est déjà enregistrée dans la forme qui a paru souhaitable à l'auteur de l'œuvre, du disque ou du film, avec la réverbération qui lui convenait. Le seul rôle de la salle sera alors de reproduire fidèlement, sans rien y ajouter ni en retrancher, les effets sonores enregistrés sur la pellicule ou le sillon. C'est ce qui conduira à traiter de façon générale les salles de cinéma comme très absorbantes.

Le premier élément d'un projet acoustique sera donc l'usage auquel la salle est destinée : celui-ci est souvent évident sauf dans le cas des salles à usage multiple, salles de réunions de sociétés par exemple, qui ne parviennent que rarement à une qualité parfaite et que l'architecte devrait formellement déconseiller. De toutes façons, l'emploi de la salle devra être soigneusement précisé par écrit dans le Cahier des charges, ce qui évitera des mécomptes ultérieurs lors de la mise en exploitation.

On déterminera ensuite la grandeur approximative de la salle soit sur la base du nombre de spectateurs que l'on veut y mettre en tablant sur 0,5 à 0,7 m² par spectateur, dégagements compris, soit sur la base de la surface utile disponible si l'emplacement est imposé en prenant 1 m² par spectateur pour tenir compte des annexes, hall d'entrée, etc.

Choix de l'emplacement.

Il est très rare que l'architecte ait son mot à dire à ce sujet, sauf quand il est responsable de l'achat du terrain. Cependant quand l'emplacement n'est pas imposé, il est assez évident qu'il aura intérêt à tous points de vue, à se protéger au maximum contre les sources de bruit extérieur, sans oublier qu'une salle, de cinéma par exemple, est en elle-même une source de bruit, par suite soumise en principe à l'enquête de commodo, et qu'elle ne doit pas gêner les voisins surtout si la salle est nouvellement installée. A Paris, l'architecte craindra particulièrement

le bruit redoutable du métro contre lequel il est très difficile de lutter, de même que contre les tramways, chemins de fer, etc. On est, dans ces cas critiques, conduit à isoler plancher et murs de la salle lors de la construction, par de coûteux matelas de soie de verre et dalle flottante (fig. 9). C'est toujours une dépense qu'il vaut mieux éviter.

On déterminera ensuite le volume approximatif de la salle à partir d'un cube d'air de 3 m³ par spectateur, volume que l'on réduira à 2,5 m³ environ pour les cinémas et que l'on poussera jusqu'à 4 m³ pour les salles de concert et 6 m³ pour les studios, selon les desiderata acoustiques. On a intérêt à ne jamais exagérer ce volume.

Forme de la salle.

C'est là une question délicate qu'on divisera en trois parties :

a) La forme de la scène sera définie par l'usage que l'on veut en faire : elle variera donc depuis la simple estrade du conférencier jusqu'à la scène complète avec décors, dégagements, grilles, etc., toutes considérations ayant peu de rapports avec l'acoustique [10]. Toutefois, dans les salles d'importance moyenne, il sera recommandable, au moins quand on veut y exécuter du théâtre lyrique ou du concert, de ne pas dépasser une profondeur effective d'une dizaine de mètres.

b) Forme générale de la salle. Celle-ci doit être un compromis entre les exigences de la vision, de l'audition et de l'esthétique. C'est là que se manifestera le plus la personnalité de l'architecte. Souvent des considérations pratiques (forme du terrain disponible, orientation imposée, etc.) viendront réduire le choix qui ne peut dédaigner non plus la considération de l'utilisation optimum de la superficie [2].

Toutefois, quelques indications d'ordre acoustique viendront préciser ce choix :

1° Il est désirable que la largeur de la salle ne soit jamais supérieure à 20 m et que la longueur ne dépasse 20 à 25 m que dans les très grandes salles qui poseront de ce fait des problèmes spéciaux (plus de 800 places à l'orchestre).

2° Les salles très longues (couloirs) ou très larges (scène ou estrade sur le grand côté) sont à proscrire.

3° Les formes de salles closes — à l'exclusion du théâtre antique à ciel ouvert — peuvent se ramener à trois types :

a) La forme *elliptique* (Scala de Milan) ou fer à cheval (Opéra de Paris et beaucoup de salles du siècle dernier). S'il existe d'excellentes salles de ce type, il paraît préférable d'éviter cette forme systématiquement, car sa qualité acoustique repose sur un concours de circonstances compliquées et difficiles à reproduire avec précision, les probabilités d'échec restant nombreuses en raison des focalisations du son qui peuvent s'y produire pour peu que les murs soient réfléchissants (fig. 10 a);

b) Les salles du type *parabolique*, la scène coupant le sommet de la parabole à peu près jusqu'au foyer (Opéra de Chicago, Salle Pleyel). Ces salles devront être prévues pour absorber le son dans toute la région du fond (fig. 10 b).

La forme globale des salles peut être déterminée à partir des réflexions du son sur les parois (fig. 10 d) mais cette méthode très peu précise ne peut qu'indiquer les régions de la salle qui risquent à priori d'être particulièrement défectueuses. Cette méthode ne s'applique guère aux salles de cinéma dont les parois sont en principe très absorbantes.

Elles conviennent bien pour les théâtres et cinémas

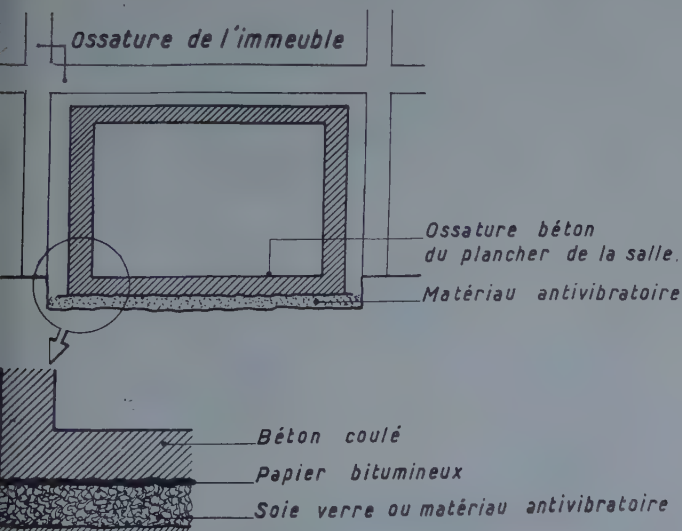


FIG. 9. — Principe de l'isolation des vibrations transmises par le sol d'une salle de cinéma installée en sous-sol.

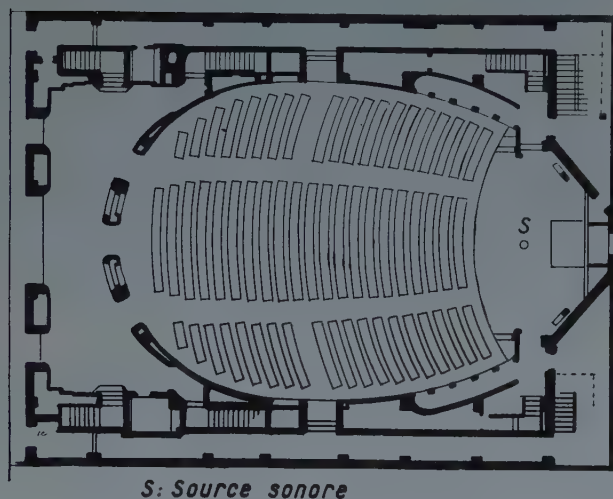
car elles permettent d'admettre des zones réfléchissantes sans dommage pour l'acoustique;

c) Les salles en *éventail* ou pavillon *exponentiel*, c'est le type moderne des grandes salles soit de concert (Palais de Chaillot), soit de cinéma. Elles ont l'avantage de fournir une excellente répartition des auditeurs et d'apporter de nombreuses facilités esthétiques (fig. 10 c), la courbure

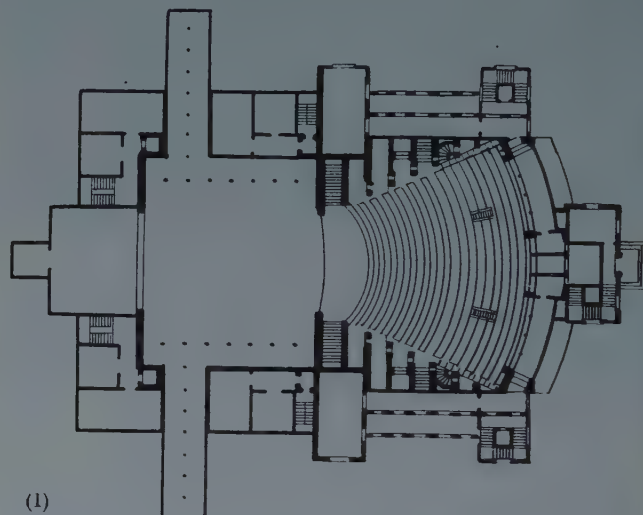
des parois pouvant varier depuis zéro jusqu'à une valeur assez notable. Elles comporteront généralement un balcon concentrique à mi-hauteur.

4° Dans la plupart des salles modernes, le sol présente une inclinaison notable allant de 7° dans les cinémas à 35° dans les amphithéâtres qui prennent une allure reproduisant celle du théâtre antique [9].

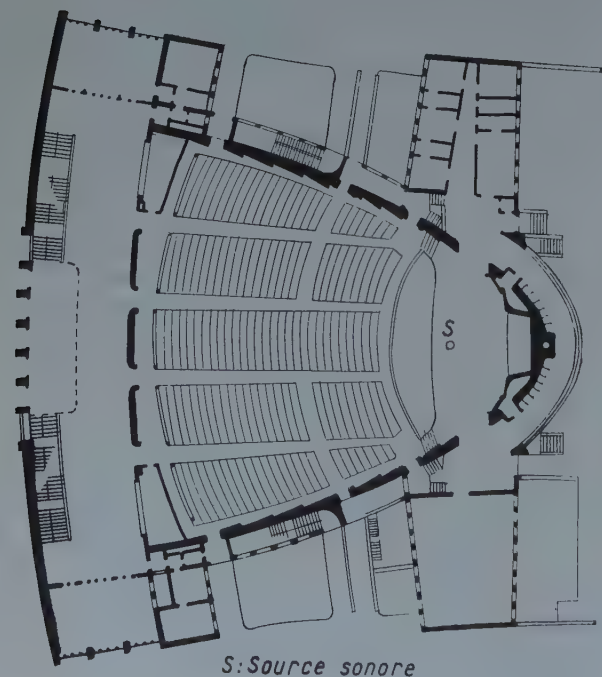
FIG. 10. — Formes de salles usuelles.



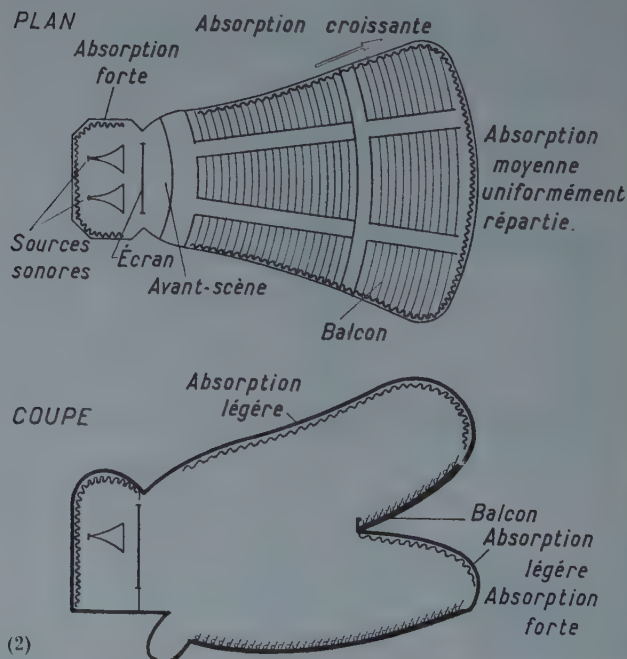
a) La salle elliptique : théâtre à l'italienne, amphithéâtre.



c) La salle en éventail (1) : théâtre lyrique à grande scène.



b) La salle parabolique : grand théâtre moderne.



La salle exponentielle (2) : cinéma.

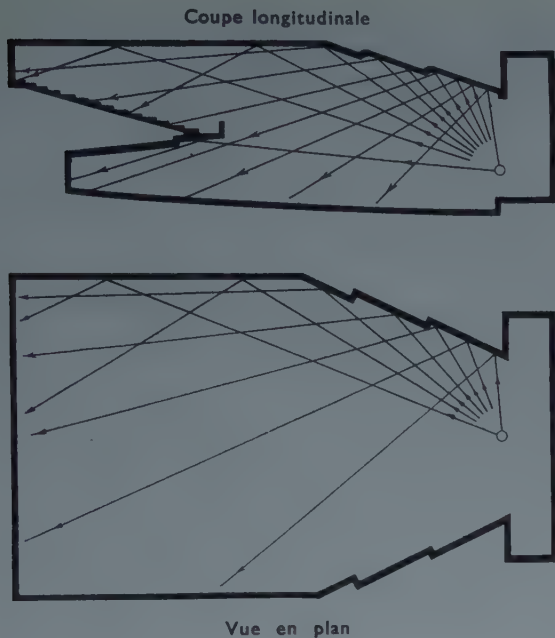


FIG. 10 d. — Principe de la méthode de réflexions pour déterminer les formes globales d'une salle. Ceci n'est valable que pour des parois supposées réfléchissantes.

Dans les cinémas, l'inclinaison des rangs de spectateurs suit à peu près les mêmes lois qualitatives que les règles optiques de bonne visibilité de l'écran exposées par VIVIÉ, LEBLANC, BURRIS MEYER, etc., mais on doit prévoir, si l'on veut assurer une très bonne audition, un angle nettement plus fort d'inclinaison relativement au

centre de l'écran (situation approximative des hauts-parleurs) ou à la source sonore sur la scène, principalement quand cette source est limitée (orateur dans une grande salle). Les effets d'absorption du son par les têtes des spectateurs au cours de sa propagation sont, en effet, très notables et l'on a toujours intérêt à les réduire au minimum pour éviter l'affaiblissement du son avec la distance, qui est une conséquence indirecte du traitement acoustique nécessaire aux salles de cinéma et de conférences. Pour des rangs de spectateurs espacés de 80 cm, on ne devrait pas descendre au-dessous d'un angle parallactique de 8° à 10° par rapport à la source sonore (fig. 11). A ce point de vue bien des salles parisiennes, même modernes, seraient critiquables. Il y a alors intérêt, toutes les fois que c'est possible, de placer la source sonore le plus haut possible près du bord supérieur de l'écran. C'est ce qu'on fera toujours quand on ne pourra assurer une courbure suffisante du parterre ou du balcon.

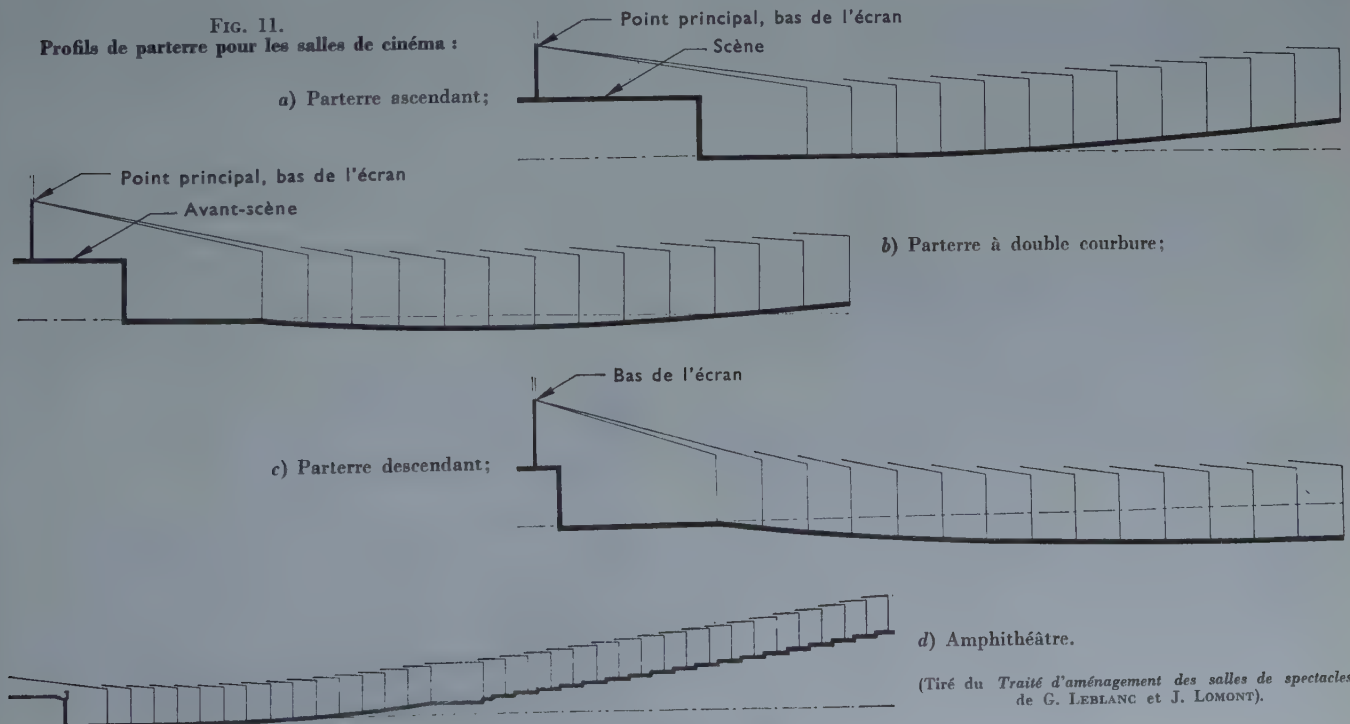
Pour les balcons, on sera conduit à des angles d'inclinaison atteignant facilement 35° .

Dans une salle correctement réalisée à ce point de vue le niveau sonore ne doit pas baisser de plus de 10 dB entre les rangs les plus rapprochés et les plus éloignés, la tendance des salles modernes étant de réaliser des places de qualité sensiblement uniforme.

c) La forme de détail de la salle dépendra naturellement du style et de l'esthétique adoptés. Les considérations précédentes ayant défini la forme du plan et de la section droite, la présence éventuelle d'un balcon à peu près à mi-hauteur dans les grandes salles, les surfaces restant à déterminer sont :

- a) Le parement supérieur de scène;
- b) Le plafond;
- c) La fosse d'orchestre;
- d) Le fond de la salle.

FIG. 11.
Profils de parterre pour les salles de cinéma :



d) Amphithéâtre.

(Tiré du *Traité d'aménagement des salles de spectacles*, de G. LEBLANC et J. LOMONT).

Le parement supérieur de la scène sera une surface inclinée vers la salle tendant à rabattre le son sur les spectateurs. Dans les théâtres appartenant au type elliptique ci-dessus, ce sera une surface concave assez absorbante se raccordant au plafond et à la forme générale de la salle.

Dans les cinémas, le parement supérieur de scène, n'ayant pas de raisons d'être, sera réduit à un simple raccordement très uniforme, autant que possible convexe, avec le plafond qui sera lui-même incliné. L'utilisation de surfaces polycylindriques de 80 cm à 1 m avec une flèche de 10 à 20 m y est particulièrement à recommander.

On trouvera intérêt, dans les salles de théâtre lyrique, à ouvrir très largement la fosse d'orchestre placée sous la scène à l'aide d'un plan réfléchissant disposé sur le parement de la scène, comme indiqué par la figure 12, on diminuera ainsi le nombre optimum de musiciens nécessaires en fonction du volume de l'enceinte.

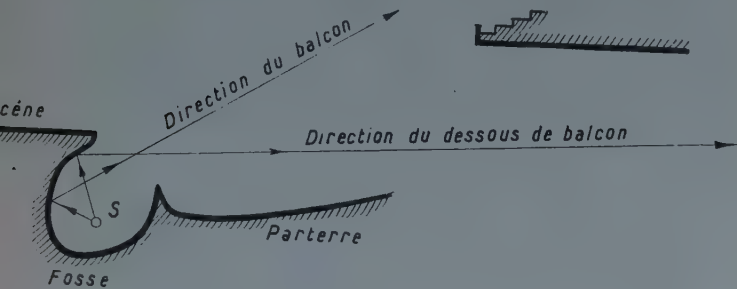


FIG. 12. — Profil de fosse d'orchestre renvoyant le son vers la salle.

Le fond de la salle devra généralement être absorbant. Sa forme exacte n'a pas une importance majeure dans les cinémas où il doit absorber le son au maximum, cependant on veillera à ce que le dessous du balcon se trouve largement ouvert vers la scène et que, dans les théâtres, le fond de la salle sous le balcon soit incliné vers l'avant, réfléchissant le son sur les derniers rangs pour compenser légèrement la décroissance avec la distance signalée plus haut (fig. 13).

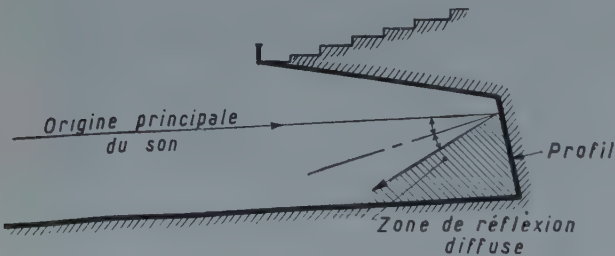


FIG. 13. — Profil de dessous de balcon.

Quand le balcon avance de plus de quatre fois sa hauteur, on doit considérer la cavité sous le balcon comme une salle annexe ne réagissant pas sur le volume principal autrement que par une absorption égale à 0,5 fois l'aire ouverte au droit du balcon.

Enfin, de façon générale, on préférera systématiquement les surfaces convexes aux surfaces concaves. Ces dernières risquent toujours d'amener des focalisations redoutables du son et de créer des points mauvais à priori dans la salle.

La forme des parois se trouve ainsi déterminée dans ses grandes lignes.

On pourra alors sur le croquis obtenu calculer :

- Le volume exact;
- La surface des parois et du plafond;
- La surface du plancher recouverte par les fauteuils;
- La surface totale.

A l'exception des salles de cinéma pour lesquelles il n'y a pas de limitation théorique des dimensions, on divisera les autres salles en deux catégories :

- a) Celles dont deux dimensions sont supérieures à 25 m;
- b) Celles dont deux dimensions sont inférieures à 25 m.

Nous laisserons encore de côté les salles a) généralement de grand volume contenant un très grand nombre de spectateurs (plus de 1 000) et dont l'étude nécessitera généralement la collaboration de l'architecte et de l'acousticien, requérant l'emploi de modèles réduits ou de calculs compliqués et dépassant généralement les possibilités de l'architecte isolé non spécialiste [16].

C'est maintenant le choix du temps de réverbération à obtenir qui formera le quatrième élément du projet. On s'aidera dans cette détermination de la relation entre l'intelligibilité et la réverbération donnée par la figure 14 pour les salles de conférences et les cinémas et de la relation figure 8 pour les autres salles.

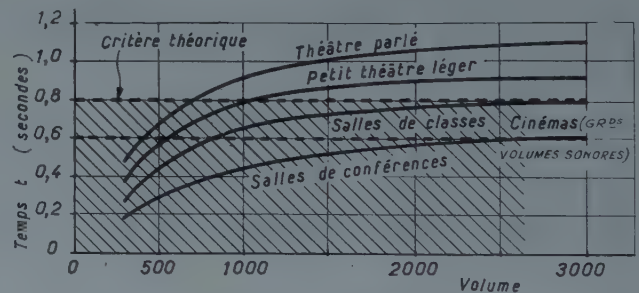


FIG. 14. — Relation entre intelligibilité de la parole et temps de réverbération dans les salles de conférences et les cinémas.

Pour une salle de cinéma, le temps de réverbération devrait être théoriquement nul d'après les remarques précédentes. En effet, si c'est la réverbération qui détermine ce qu'on appelle, d'une façon vague, le « volume » ou le « relief » du son c'est-à-dire sa valeur d'expression artistique, tellement importante quand on nous présente sur la toile un navire dans la tempête ou une caverne, on doit remarquer que tous ces effets sonores sont, par définition, déjà inscrits sur la pellicule, qu'ils ont été obtenus artificiellement au studio tels qu'ils doivent agir sur le spectateur. La salle de projection doit donc se borner à reproduire avec le maximum d'exactitude, sans rien y ajouter, le son inscrit sur la piste sonore et l'on sera amené à prévoir un temps de réverbération théoriquement nul, comme il le serait pour une chambre sourde. Pratiquement, on n'ira jamais aussi loin pour deux raisons :

— D'une part l'exploitant a intérêt à conserver une certaine réverbération qui lui permet d'économiser sur la puissance des amplificateurs à installer; on adoptera pour les salles de cinéma des temps de réverbération très étroitement limités, entre 0,5 et 0,9 s au maximum;

— D'autre part, l'expérience a montré l'existence d'un curieux effet subjectif dans les salles trop parfaitement insonorisées, le bruit de fond global dû à l'ambiance peut devenir par instants tellement bas que le bruit de fond

de la piste sonore et des amplificateurs peut couvrir ce dernier, donnant au spectateur une impression qu'il lui est plus désagréable de rapporter au spectacle présenté qu'à ses bruyants congénères.

Niveau sonore à réaliser dans la salle.

Celui-ci est aussi fonction de l'intelligibilité, mais il dépend de plus du bruit de fond existant, comme l'indique la figure 15. Ce bruit de fond qui peut atteindre quelquefois jusqu'à 60 dB (salle de bal) doit être dominé d'environ 20 dB pour que le son superposé soit nettement audible. C'est pourquoi dans un restaurant ou une salle de bal il faut que la source sonore crée un niveau de 80 à 85 dB.

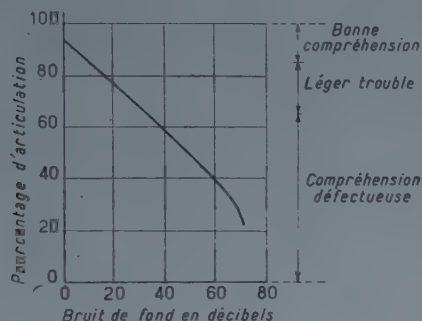


FIG. 15. — Relation entre intelligibilité et niveau du bruit de fond dans les salles de conférences ou de théâtre parlé.

Dans les salles de cinéma insonorisées :

La figure 16 donne une relation, valable sans changements pour les cinémas et toutes les installations de sonorisation, entre la puissance de la source sonore (en watts acoustiques) et le nombre de spectateurs pour assurer à ceux-ci le niveau moyen optimum de 75 à 80 dB ac.

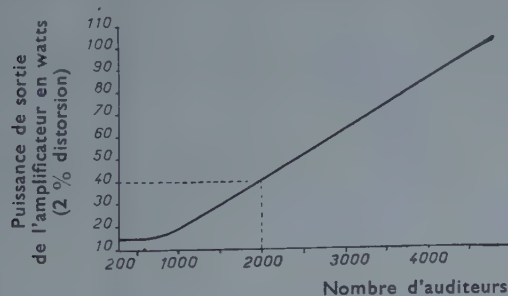


FIG. 16. — Relation entre puissance de l'appareil de sonorisation et nombre d'auditeurs (cinémas).

Dans les salles de conférences ou de cours :

La figure 17 fournit d'après FLETCHER une relation entre intelligibilité et niveau sonore qui est particulièrement valable pour le discours ou le théâtre parlé qui, combinée avec la relation précédente figure 16, permet de déterminer le niveau effectif souhaitable dans le cas de la parole.

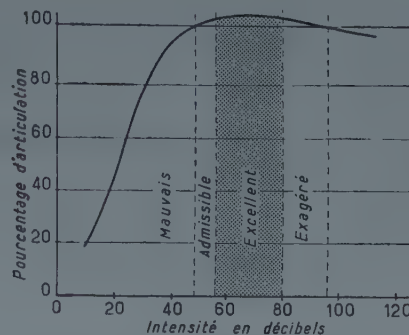


FIG. 17. — Relation entre intelligibilité et niveau sonore à réaliser dans les salles de conférences et de théâtre parlé.

Dans les salles de concerts :

La figure 18 fournit enfin une relation entre le nombre optimum de musiciens et le volume d'une salle ou le nombre de spectateurs, permettant là aussi de déterminer la puissance de la source sonore formée par l'orchestre.

Pour une salle de conférences, on doit préférer systématiquement d'éviter l'emploi des amplificateurs qui forment souvent une sujétion gênante. On est alors conduit à adopter un temps de réverbération un peu plus élevé, variant de 0,6 s pour les petites salles à 1 s pour les grandes.

De toute façon, ici encore, c'est l'intelligibilité qui passe au premier chef et déterminera la structure acoustique de la salle. Pour les théâtres lyriques au contraire, il devient nécessaire de prévoir une réverbération notable et l'on adoptera des temps de réverbération croissant avec les dimensions de 0,9 s pour les très petites salles à 1,8 s pour les grandes. L'intelligibilité diminue déjà appréciablement, mais la musique réclame pour acquérir sa

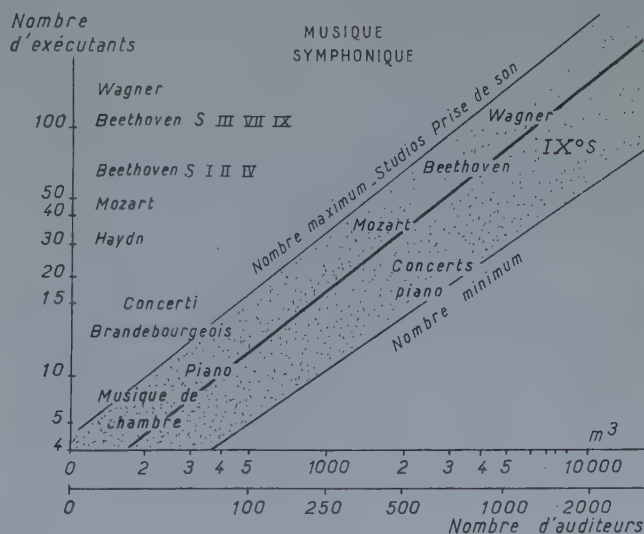


FIG. 18. — Relation entre nombre optimum de musiciens et volume de la salle, ou nombre d'auditeurs pour l'orchestre symphonique.

On remarquera que cette relation définit en principe les types de salles convenant à tel ou tel compositeur.

pleine valeur une réverbération assez grande, spécialement la musique symphonique classique et la musique religieuse qui trouveront leur place dans des salles dont le temps de réverbération peut atteindre 2,5 s sans inconvénient.

C'est entre ces deux extrêmes, le cinéma et la chapelle, que se placent toutes les autres salles selon les besoins d'intelligibilité qu'elles réclament.

Le graphique de la figure 8 établi d'après ces considérations et d'après l'étude de salles renommées de différents pays permettra de choisir en connaissance de cause le temps de réverbération à 1 000 Hz pour une salle donnée.

La connaissance du volume et de la surface des parois de la future salle permet alors de déterminer le nombre d'unités d'absorption $\Sigma a_i S_i$ à y introduire pour l'achever. On calculera ce nombre pour la fréquence moyenne de 1 000 Hz d'après la formule :

$$(6) \quad a_i S_i = 0,16 \frac{V}{T_{r1000}}$$

Cette donnée sera naturellement assez approximative. Elle servira cependant d'indication dans l'avant-projet devant permettre d'estimer le coût approximatif des matériaux absorbants, à utiliser en lui retranchant environ 0,4 unité d'absorption (0,4 m² d'absorbant de coefficient 1) par spectateur.

Si l'on est dans un cas un peu complexe qui ne rentre dans aucun des précédents, on estimera d'abord le niveau sonore à réaliser N d'après la règle :

$$(7) \quad N = B + 25$$

B bruit de fond en décibels, qui n'est jamais inférieur à 35 dB.

A partir de cette valeur, supposée à peu près constante en tout point de la salle, ce qui est sensiblement vrai tant que celle-ci n'est pas trop absorbante, on déterminera en repassant aux intensités sonores la puissance approximative maximum de la source en watts, par la formule (3) qu'on peut écrire sous la forme :

$$(8) \quad W = \frac{c}{4} \Sigma a_i S_i I = 85 \cdot 10^6 \Sigma a_i S_i m^2 I_{\text{watt/cm}^2/s}$$

L'examen du tableau I, page 1019 indique alors immédiatement, par comparaison avec la puissance approximative de la source réellement utilisée : orchestre, concert ou conférencier, s'il est nécessaire de prévoir un amplificateur pour passer de l'énergie fournie par la source naturelle à l'énergie optimum demandée par la salle.

On interprétera cette comparaison de façon plutôt restrictive, c'est-à-dire qu'on s'efforcera, toutes les fois que c'est possible, de se dispenser d'amplificateurs qu'il faut régler, dont il faut s'occuper, et qui représentent pour l'exploitant une mise de fonds supplémentaire. Tant que la différence entre puissance requise et puissance produite ne dépassera pas une dizaine de décibels (rapport 1 à 3 environ), il sera préférable de s'accommoder d'un niveau sonore effectif un peu plus faible aux derniers rangs de l'assemblée que de s'imposer la sujétion d'un amplificateur. C'est ainsi que, bien que la puissance normale de la voix ne dépasse pas 0,03 W, on peut se dispenser de prévoir des amplificateurs et un microphone tant que la puissance sonore requise par la salle n'est pas supérieure à 0,1 W.

On notera que les puissances en watts ici trouvées comme optima représentent des *watts acoustiques* vrais

et ne tiennent compte ni du rendement des hauts-parleurs (entre 0,05 et 0,2), ni de celui des amplificateurs, et l'installateur qui viendra après l'architecte devra s'en souvenir dans le calcul de ceux-ci.

Bien que la partie électrique ne soit pas le travail de l'architecte, il sera bon que celui-ci suive d'assez près, dans les cinémas, salles de conférences et partout où l'on devra avoir recours à des amplificateurs, la question de la puissance et de la position des sources sonores. L'installateur en effet pourra lui demander d'imposer quelques conditions supplémentaires à son projet permettant au fournisseur de la partie électro-acoustique d'éviter des difficultés quelquefois très fâcheuses (effet Larsen dans les salles de conférences).

Pour les salles de cinéma qui nous intéressent particulièrement ici, la position de la source sonore, constituée généralement d'un ensemble haut-parleur grave et haut-parleur aigu de plus petites dimensions placé au centre du précédent, est bien définie : elle sera disposée derrière l'écran sur un échafaudage, son axe situé au voisinage du 1/3 supérieur de l'écran, légèrement incliné vers le fond de la salle. Généralement, le haut-parleur comportera un « baffle » de grandes dimensions, très nécessaire pour assurer le rayonnement des fréquences graves, et qui, pratiquement, couvrira une grande partie (les 2/3) des dimensions de l'écran. La cavité résiduelle entre baffle et mur du fond de la salle généralement accessible pour des dégagements et les réparations doit être entièrement recouverte d'un matériau absorbant léger pour éviter des résonances fâcheuses pour la réponse globale du système sonore.

La plupart des écrans se trouvent disposés sur une courte estrade formant une scène très peu profonde (2 à 3 m) permettant des annonces ou des présentations et comportant les logements latéraux du rideau. Cette scène surélevée de 1 à 2 m selon les salles — le bord inférieur de l'écran ne devant jamais être à moins de 2 m de haut — risque très souvent d'amener des résonances parasites du plancher sur lequel est posée la source sonore. L'architecte devra prévoir ce dernier clos sur le devant et sur les côtés, en ciment ou en bois de bonne qualité, bien joint et très solidement fixé sur des poutrelles rigides bien encastrees dans le mur du fond. C'est là un point important souvent négligé.

Dans le cas des salles mixtes, on s'efforcera de respecter les mêmes principes en rendant l'ensemble écran et source sonore amovible. C'est là toujours un cas d'espèce, on tiendra compte seulement des principes suivants :

a) Le microphone, donc le conférencier ou la source sonore, ne doit pas se trouver dans le champ des diffuseurs, ceci afin d'éviter le déplorable effet Larsen. Les hauts-parleurs devront donc être placés en avant de la scène ou de la chaire et ne rayonneront pas par l'arrière;

b) On préférera de façon générale les hauts-parleurs directifs du type à pavillon toutes les fois que la salle est un peu grande (une dimension supérieure à 20 m) et qu'on aura à craindre des interférences;

c) Les diffuseurs doivent être braqués sur le public de façon à couvrir à peu près le fond de la salle, négligeant au besoin les premiers rangs de l'assistance. Ils doivent être placés assez haut pour que le rayon sonore arrive par en haut aux spectateurs;

d) On évitera dans la mesure du possible que les deux faisceaux issus de hauts-parleurs différents se superposent sur un long trajet, ce qui amène des interférences quand le déphasage atteint une demi-longueur d'onde, soit 1,70 m, à 100 Hz.

La figure 19 donne un exemple d'une disposition adoptée dans une salle de théâtre de 800 places.

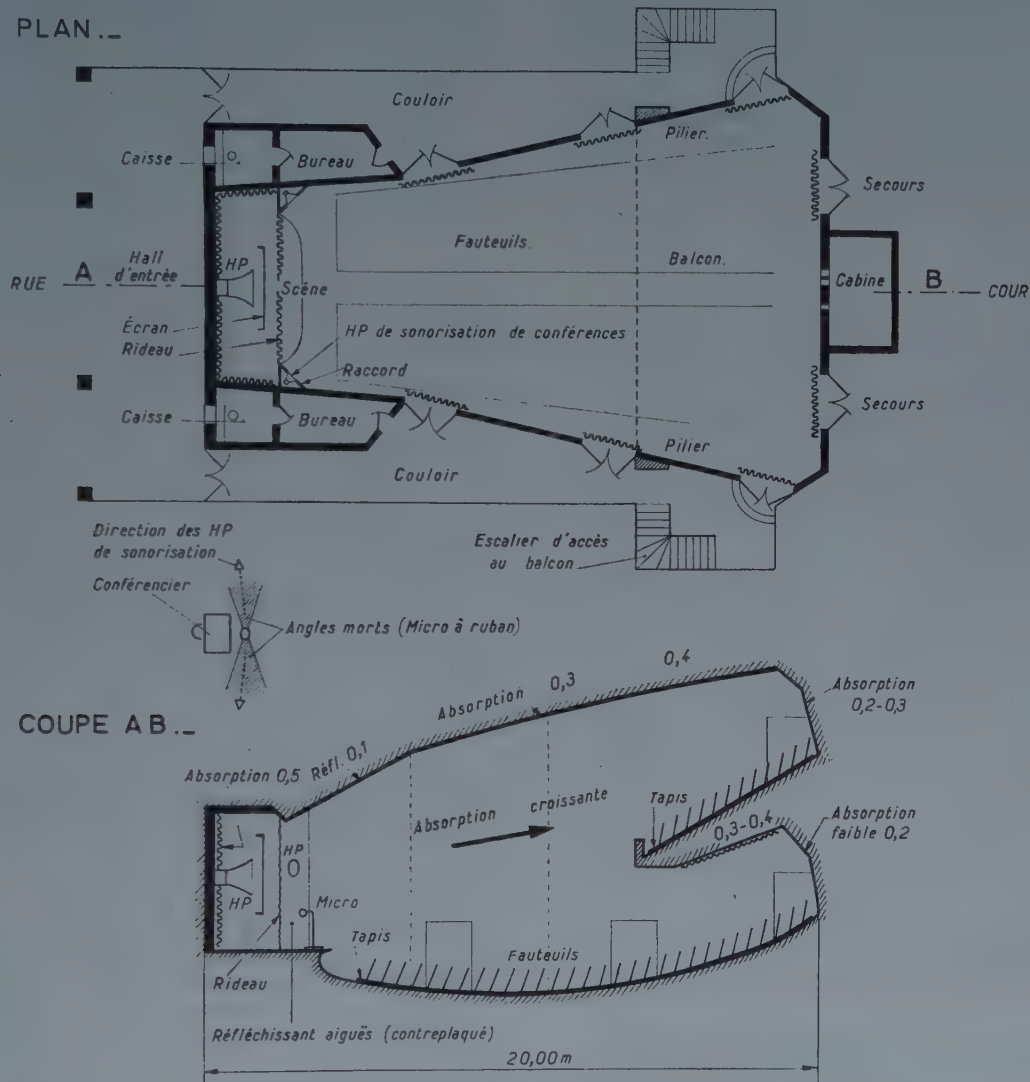


FIG. 19. — Plan et coupe d'une salle de cinéma de 500 places munie d'amplificateurs de sonorisation séparés pour des conférences.

Rédaction du projet.

Nous connaissons maintenant :

- La forme de la salle;
 - Son plan approximatif;
 - Sa coupe;
 - Son volume V m³;
 - La surface occupée par l'assistance;
 - La disposition des appareils sonores;
 - Le nombre d'unités d'absorption à introduire :
- $\Sigma aS = 0,4n$ (n : nombre de spectateurs).

Il reste maintenant à déterminer :

- La nature des matériaux à introduire;
- La répartition exacte de leurs surfaces respectives.

Quels sont donc les emplacements et la nature des matériaux à utiliser quand on connaît l'absorption totale ? Si l'on dispose, pour les salles déjà assez bonnes par elles-mêmes, d'une assez grande latitude dans le choix de ceux-ci pouvant opter par exemple, soit pour de larges surfaces peu absorbantes, soit pour des panneaux localisés d'un absorbant énergique (tissu ou soie de verre), il est souhaitable, dans une salle dont l'acoustique apparaît à vide très déficiente (grandes salles, cinémas et théâtres), de commencer par remédier à ses défauts aux points les plus mauvais, ce qui précise la méthode à suivre.

Le choix de la nature des matériaux sera guidé par la notion de *tonalité de la salle* qui est exprimée quantitativement par les variations en fonction de la fréquence du temps de réverbération de celle-ci autour de sa valeur à 1 000 Hz. Nous ne traiterons ici que les deux cas extrêmes les plus importants :

Pour les salles de concert, la figure 20 donne d'après les plus récents résultats d'expériences obtenus dans la construction des studios et des grandes salles en Allemagne,

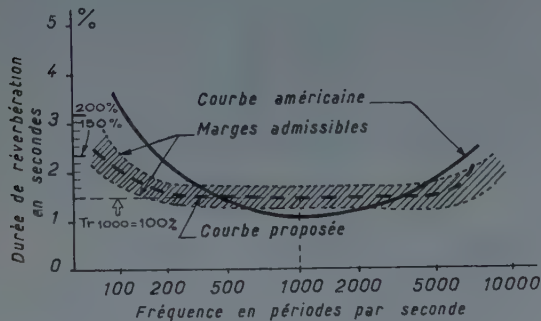


FIG. 20. — Courbe de tonalité optimum d'une salle de concert.

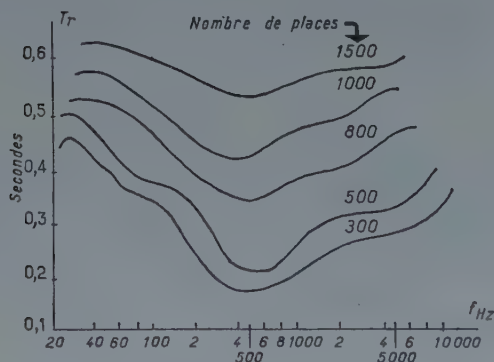


FIG. 21. — Courbes de tonalité optimum pour une salle de cinéma.

en Angleterre et en France, les variations de ce $T_r(f)$. On remarquera que cette courbe est beaucoup plus horizontale que ne l'ont proposé divers ouvrages anciens : elle donne à la salle une tonalité claire très favorable à la musique symphonique.

Pour les cinémas, le temps de réverbération (fig. 21), beaucoup plus bas, subit une variation assez nette entre 800 et 400 Hz : ceci permet de réduire notablement le bruit d'ambiance originaire de la salle qui est un des facteurs nocifs de la qualité.

L'examen du tableau I, page 1019, des courbes figure 22 et des notices des fabricants fournit la courbe d'absorption en fonction de la fréquence des différents matériaux, audience comprise [18].

Raisonnant en première approximation comme si l'absorption de ceux-ci était proportionnelle à leur surface et comme si, à chaque fréquence, le temps de réver-

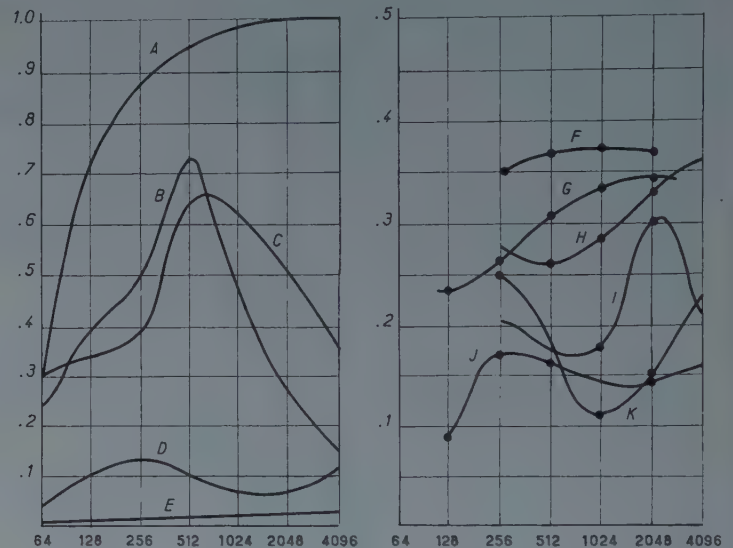
bération variait comme le pourcentage de la surface globale qu'ils occuperont dans la salle, on peut en déduire la répartition par coefficients d'absorption. On commencera par la fréquence moyenne et l'on adoptera pour celle-ci au moins deux groupes de matériaux :

— L'un de forte absorption $a_1 > 0,65$ à 1 000 Hz;

— L'autre de faible absorption $0,3 < a_2 < 0,45$ à 1 000 Hz représentant des absorptions à peu près égales :

$$a_1 S_1 = a_2 S_2 = \frac{1}{2} (\Sigma a_i S_i - 0,4n).$$

Dans ces deux groupes, on fera alors deux sous-groupes :



- A. Assistance par pied carré (par 0,1 m²);
- B. Coussins similicuir;
- C. Coussins peluche;
- D. Revêtement bois épaisseur 5/8 (0,62 m);
- E. Brique peinte;
- F. Acoustolic;
- G. Planche isolée;
- H. Planche. Masonite standard;
- I. Tentest;
- J. Contreplaqué trois épaisseurs;
- K. Mafter.

FIG. 22. — Courbes d'absorption de différents matériaux (d'après Wood).

	CROISSANT DANS LES :	
	Graves < 400	Aigus > 1 000
Faible absorption .	Contreplaqué. Bois. Amiante projetée sur panneaux.	Toile tendue. Liège + plâtre. Corkacoustic.
Forte absorption ..	Résonateurs. Bois perforé devant cavités.	Toile tendue devant 5 cm air + absorbant. Coussins de fauteuils. Rideaux velours. Audience.

— Matériaux à absorption croissant dans les graves (contreplaqué, panneaux perforés, résonateurs);

— Matériaux à absorption croissant dans les aigus (toiles, tissu tendu sur latte, acousticolotex, etc.);

et c'est dans ceux-ci qu'on répartira les différentes surfaces au prorata des besoins exprimés par la tonalité de la salle choisie.

Insistons sur le fait qu'on ne pourra, d'ailleurs, parvenir dans cette voie qu'à une indication *approximative*; il est impossible d'aller dans un projet plus loin qu'une estimation de 10 à 20 % près de cette répartition, qu'on doit considérer comme déjà excellente.

Le choix de la marque et de la qualité du matériau sera alors déterminé, en accord avec le décorateur, par des considérations pratiques, en se basant sur l'aspect des matériaux, l'inflammabilité, le prix de revient, etc. Disons simplement que la technique des produits insonorisants est, à l'heure actuelle, suffisamment avancée pour permettre d'assurer une très large indépendance entre propriétés acoustiques et aspect extérieur, en particulier en utilisant des panneaux perforés (4 000 trous de quelques millimètres au mètre carré) dont l'absorption dépend beaucoup de ce qui se trouve derrière.

On fera alors, après que le projet sera agréé, la commande des matériaux absorbants en deux tranches : l'une, commande ferme, doit être livrée à l'achèvement du gros œuvre architectural et représente environ 70 % de la quantité prévue; l'autre, commande conditionnelle, représente les 30 % restants, elle ne sera livrable qu'après l'installation de la première tranche et des fauteuils, etc. Elle doit servir à « ajuster » la salle.

Pour disposer les matériaux dans la salle, on adoptera en principe comme règle générale une absorption :

a) Croissant depuis la zone de la scène ou de l'écran (région presque réfléchissante à 0,1 par exemple) vers le fond de la salle qui sera systématiquement traité absorbant;

b) Croissant légèrement dans les angles et anfractuosités;

c) Décroissant légèrement de bas en haut dans les théâtres, uniforme sur la paroi verticale dans les cinémas.

La disposition exacte se fera sur le plan en suivant le trajet des rayons réfléchis et en veillant à n'avoir jamais plus d'une réflexion du son avant de parvenir à l'audience qui doit être considérée comme absorbante (tapis sur le sol + fauteuils + assistance). Ainsi, les parements de devant du balcon seront toujours traités acoustiquement.

Mise en place et construction.

Dès l'achèvement du gros œuvre et du plafond, on procédera à la pose des absorbants. Pour cela, il est très indiqué de rechercher tout d'abord les régions d'audition « géométriquement » défectueuse et il est pratique d'avoir recours, en l'absence de modèle réduit, aux mesures d'intelligibilité que l'on fera en salle vide, nue, brute, donc dans les plus mauvaises conditions, pour les rendre plus nettes.

On répartit un certain nombre d'opérateurs (4 à 5) dans la salle, au voisinage des parois, et spécialement dans les angles, sous les balcons où l'audition est souvent défectueuse. Un speaker muni d'une belle voix et d'une liste de logatomes du type donné en annexe, page 1020

lit à voix haute, de l'emplacement de la future source sonore, une série de 100 logatomes et les auditeurs notent avec soin ce qu'ils entendent. L'expérience est reprise deux fois en permutant les opérateurs, sauf le speaker bien entendu. La proportion des syllabes correctement comprises dans leur intégralité représente alors le coefficient d'intelligibilité relatif au point où se trouve chaque auditeur. Pratiquement, ce coefficient est d'autant plus bas que — au moins pour les petites salles peu réverbérantes — il y a plus de probabilité d'interférences au point considéré, pour diverses fréquences. L'application de matériaux absorbants sur les parois réfléchissantes qui provoquent celles-ci doit suffire généralement à les faire disparaître.

Ce seront donc ces régions que l'on choisira tout d'abord pour placer les panneaux absorbants. On réservera alors le reste des matériaux pour les autres surfaces de la salle, en particulier les grandes parois nues qui se trouvent dans le fond et sur les côtés.

Cette méthode, assez simple, revient à commencer l'achat des matériaux par un certain nombre de panneaux très absorbants (textile ou soie de verre agglomérée) que l'on place aux endroits bien définis indiqués plus haut. De l'absorption totale à introduire que nous avons calculée, on soustraira l'absorption introduite par ces panneaux et, connaissant la surface résiduelle qu'il est bon de recouvrir, le coefficient, donc la nature des matériaux complémentaires, se trouve déterminé.

Sans préjuger des indications données par les expériences d'intelligibilité, on peut dire, d'une façon générale, que pour les salles pas trop grandes qui nous intéressent ici, on devra éviter de placer des absorbants derrière la source sonore : orateurs ou orchestres, et cette région de la salle voisine de la scène se comportera plutôt comme un réflecteur. Par contre, les surfaces des murs latéraux et celles des murs du fond, particulièrement sous les balcons, doivent être recouvertes d'un matériau absorbant, même de faible absorption, tel qu'une simple toile de jute ignifugée et peinte à la détrempe. On n'utilisera jamais de peintures à l'huile ou d'enduits similaires qui détruisent les propriétés absorbantes de la toile.

C'est à ce moment que l'on procédera dans les cinémas à la pose de l'appareil sonore de l'écran, des fauteuils et tapis. La salle est presque achevée, il reste à la contrôler et à l'« accorder ».

On fera les mesures suivantes :

1^o Réverbération en sons sinusoïdaux à : 100, 500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hz pour les grandes salles;

Pour les petites salles on pourra se contenter d'une seule mesure avec une simple claquette.

2^o Intelligibilité : balcon;
fond de la salle;
dessous du balcon.

3^o Réponse globale à fréquence variable avec un haut-parleur placé sur la scène (variations du niveau sonore en un point du balcon avec la fréquence d'une onde pure attaquant le haut-parleur).

4^o Bruits extérieurs.

Dans les salles de cinéma ou de conférences sonorisées, l'appareil sonore une fois posé, il sera indiqué de faire les mesures avec un oscillateur utilisant les hauts-parleurs mêmes qui doivent servir normalement.

Un des meilleurs et des plus simples contrôles que l'on puisse faire de l'ensemble de la sonorisation est la détermination du pourcentage d'intelligibilité que l'installateur de la partie électro-acoustique conjuguera avec le

réglage des amplificateurs de parole (pour les salles de conférences) et du filtre passe-haut destiné à couper les fréquences graves superflues.

A partir de ces mesures on pourra déterminer les déficiences de la salle tant au point de vue réverbération globale qu'au point de vue sonorité et l'on ajustera celle-ci en utilisant la dernière tranche du matériau insonorisant à faire disparaître les échos résiduels et à assurer une intelligibilité aussi constante que possible.

Insonorisation.

C'est là un point très important. La qualité d'une salle comme de tout autre canal électro-acoustique est mesurée en particulier par sa « dynamique effective » qui s'exprime (fig. 23) par le rapport :

$$N_{dB} = 20 \log_{10} \frac{\text{Niveau maximum de la source sonore à 5 \% de distorsion}}{\text{Niveau le plus probable du bruit de fond d'ambiance salle pleine}}$$

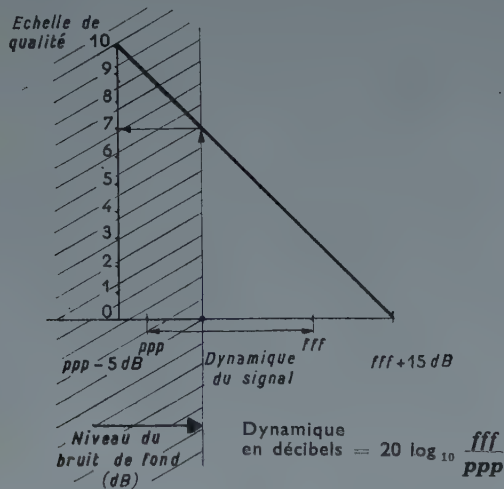


FIG. 23. — Définition de la qualité d'un canal électro-acoustique en présence d'un bruit (rôle de la dynamique effective).

Le niveau *maximum* de la source sonore dans ces conditions dépasse rarement 110 dB dans les meilleures salles et avec les meilleures installations (115 dB dans les grandes salles de concert d'orchestre, aux *fff* produisant environ 80 W acoustiques), le niveau *moyen* d'audition est, dans une salle de cinéma, de l'ordre de 75 dB. Quant au niveau *minimum*, il est déterminé par :

a) Le bruit de fond du film. Contre celui-ci il n'y a rien à faire sinon d'utiliser une copie neuve dans un appareil de lecture. Dans les conditions normales des bonnes salles d'exploitation, ce bruit de fond sera généralement assez bas pour être dominé par :

b) Le bruit de fond dû aux spectateurs : celui-ci participe de deux catégories :

b₁) Chuchotements, etc., seules la discipline et la tenue de la salle interviendront à cet égard ;

b₂) Le bruit dû à une mauvaise construction de la salle. C'est contre celui-ci qu'architecte et installateur doivent lutter :

Ils y parviendront en réalisant :

1° Des dégagements des fauteuils assez larges — il existe une série de règlements à ce sujet [9] — et des portes dérivées latérales permettant au spectateur de parvenir au voisinage de sa rangée de fauteuils tout en restant le plus longtemps possible à l'extérieur de la salle ;

2° Un recouvrement du sol de tapis moquettes épais très nécessaires pour amortir les pas des spectateurs tardifs et des ouvreuses, plaie des cinémas permanents ;

3° Des fauteuils métalliques absolument silencieux ; c'est un point qu'on ne surveille jamais assez, en particulier les fauteuils en bois sont, en général, à proscrire ;

4° Des portes à ressort, rembourrées, généralement doubles avec des butées caoutchouc silencieuses, leur atténuation devra atteindre 50 dB, avec un sas intermédiaire de 1 à 2 m, lui-même insonorisé ;

5° Enfin, une source importante de bruits est transmise généralement par les canalisations d'air chaud ou de ventilation qui amènent du bruit soit du dehors, soit des chaufferies et des ventilateurs. Dans beaucoup de salles on y remédie en aérant la salle avant les séances. Dans les cinémas permanents où il est difficile de procéder ainsi, on aura recours à un débouché des conduites d'air dans des lieux tranquilles assez élevés (toit) et quand une source de bruit — ventilateur ou extérieur — est transmise par leur intermédiaire, en les revêtant d'un matériau absorbant intérieur calculé à partir de l'abaque figure 24 ;

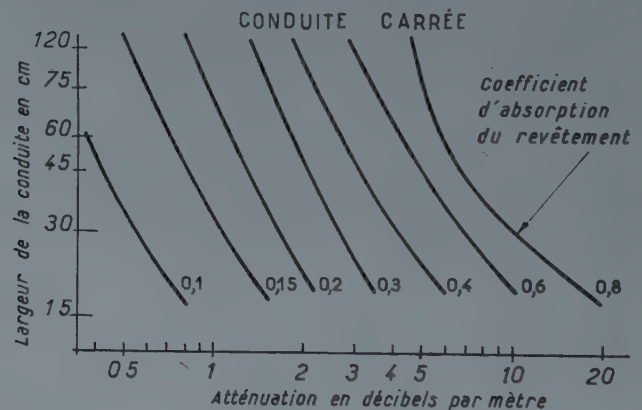


FIG. 24. — Atténuation du son dans les conduites insonorisées (Knudsen).

6° Pratiquement, il est souhaitable, pour éviter des fluctuations désagréables d'acoustique entre salle pleine ou vide, d'adopter des fauteuils faisant eux-mêmes environ 0,5 unité d'absorption par mètre carré, donc constante, qu'ils soient occupés ou vides (siège relevé) : on y parvient en utilisant systématiquement des sièges rembourrés de velours, dossier compris, le confort ne faisant qu'y gagner, et en exigeant du fournisseur que le dessous du siège qui se présente vers l'avant quand il est vide, soit recouvert aussi d'une mince couche d'absorbant.

Salles à usages multiples.

Il arrive souvent qu'une salle soit destinée à plusieurs usages différents, surtout les petites salles qui font à la fois théâtre, cinéma, etc. Celles-ci posent un problème délicat à l'architecte acousticien qui se voit obligé d'adopter des valeurs des éléments d'insonorisation variables avec l'usage envisagé.

Pratiquement, on sera conduit dans ce cas à sacrifier un peu de la qualité acoustique des sons émis et l'on adoptera systématiquement un temps de réverbération un peu faible se rapprochant plutôt de la valeur minimum nécessaire que de sa valeur maximum. On compensera cet inconvénient en accroissant la puissance des amplificateurs et en relevant un peu la courbe de réponse de ceux-ci aux graves et aux aigus.

Un dispositif très simple qui permet de compenser ce compromis consiste à prévoir, dans les salles ayant des portes latérales (portes de secours), qui sont généralement en bois verni assez épais, de larges rideaux en velours du

côté intérieur, rideaux assez épais tendus à 15 cm de la porte et glissant sur des tringles qui ont un certain effet décoratif. Pour les usages où un temps de réverbération élevé est préférable, on tirera de côté ces rideaux en laissant apparaître la porte et on les tirera au contraire devant celle-ci quand la salle servira de cinéma où il est toujours bon d'avoir une faible réverbération; ce dispositif très simple permet de faire varier l'absorption d'une salle de plusieurs dizaines d'unités. Au Palais de Chaillot, de véritables panneaux mobiles permettent de modifier le temps de réverbération de la salle. Cette technique semble appelée à un grand développement.

Conclusions.

Le tableau III, page 1020, résume la méthode d'insonorisation exposée ci-dessus.

Plutôt que des dogmes absolus, les règles précédentes sont la condensation d'expériences méthodiques et bon nombre des faits exposés ont été mis en évidence par l'étude des grandes salles de concerts ou de spectacle.

Quelques conclusions se dégagent de cette brève étude réduite aux points essentiels qui intéressent l'architecte :

1° Une bonne salle doit présenter une unicité de conception correspondant à un travail en étroite collaboration de l'architecte, du décorateur et de l'installateur de l'appareil sonore. Souvent, il sera souhaitable qu'architecte et décorateur soient la même personne;

2° Le processus de réalisation d'une salle consiste, une fois déterminé l'usage qu'on veut en faire et ses dimensions, à ramener le temps de réverbération au temps optimum souhaitable, par l'application de matériaux insonorisants et assurer une bonne répartition du son. On procédera pour cela en deux étapes : le *gros œuvre* donnant une salle déjà acceptable et la *finition* qui ne se fera qu'après des mesures, d'autant plus soignées que la salle est plus grande — et qui détermineront l'emplacement et les détails du traitement final, c'est à ce moment qu'après avoir obtenu un T_r à peu près correct, on équi-

librera graves et aigus pour parvenir à la « tonalité » la meilleure;

3° Salles de cinéma et salles de concerts ont des desiderata très différents. Elles forment deux types presque opposés et il est à déconseiller d'utiliser des salles mixtes pour l'un et pour l'autre. Par contre, une petite salle de cinéma pourra faire une assez bonne salle de conférences;

4° Quand on doit installer une salle déjà existante, *avant de songer à sonoriser, il faut d'abord insonoriser*. L'amplification électronique n'est pas un remède automatique à toutes les insuffisances, mais ne peut s'appliquer qu'à des locaux déjà préparés au point de vue acoustique, ce qui est le rôle de l'architecte ou du décorateur;

5° Enfin, une salle de spectacle, même quand elle est destinée normalement à rester dans l'obscurité, ne peut contrevenir aux règles de l'esthétique pure et simple. Le problème des revêtements se trouvera finalement régi par des questions financières, mais on doit savoir qu'à l'heure actuelle la technique des absorbants acoustiques est parvenue à rendre substantiellement indépendantes les qualités acoustiques d'un matériau de revêtement de son aspect extérieur, en particulier par l'emploi de cloisons perforées, ce qui simplifie heureusement la tâche délicate du décorateur.

TABLEAUX ANNEXES

TABLEAU I. — ORDRE DE GRANDEUR DES PUISSANCES DÉBITÉES PAR DIVERSES SOURCES.

SOURCES	ÉNERGIE
Orchestre de 70 exécutants fortissimo	70 W
Timbales fortissimo.....	25
Tuyau d'orgue fortissimo	13
Trombone fortissimo	6
Piano fortissimo.....	0,4
Orchestre ci-dessus mezzo forte	0,1
Flûte forte	0,07
Voix humaine (forte chant)	0,03
Voix humaine (discours).....	0,006
Violon pianissimo	0,00004
Seuil d'audition, énergie par centimètre carré.	10^{-12}

TABLEAU II. — COEFFICIENTS D'ABSORPTION ACOUSTIQUE PAR RÉFLEXION AU MÈTRE CARRÉ.

NATURE DU MATÉRIAU	FRÉQUENCES		
	256	1 024	4 096
Tôle d'acier d'épaisseur 5 mm.	0	0	0
Verre à vitres lisse.....	0	0	réflecteur 0
Brique pleine + plâtre dur peint.....	0,01	0,02	0,025
Brique creuse + plâtre	0,015	0,03	0,05
Bois ciré de 1 cm.....	0,11	0,08	0,11
Celotex 1 cm	0,2	0,2	0,2
Jute (toile à sac) de 3 mm...	0,08	0,5	0,5
Jute (toile et bourre) de 10 cm	0,66	0,7	0,5
Rideaux lourds en velours ..	0,5	0,7	0,9
Soie de verre agglomérée de 2 cm avec espace vide de 5 cm devant le mur.....	0,7	0,7	0,9
Fautre léger de 5 cm	0,8	0,85	0,9
Fenêtre ouverte	1,0	1,0	1,0
			absorbant parfait

TABLEAU III. — MÉTHODE GÉNÉRALE.

A) Détermination du volume global et des dimensions de la salle en fonction du nombre de spectateurs	V	
B) Détermination de la forme : de la scène, de la salle : plan, coupe, des balcons.		
C) Détermination de la surface totale des parois.....	S	
D) Valeur du temps de réverbération brut théorique (cf. équation 2)	T_0	s
E) Détermination du temps de réverbération optimum fonction de l'usage de la salle et de son volume (fig. 8).....	T_{r1000}	s
F) Calcul de l'absorption totale à réaliser A_{th} (cf. équation 6).....	A_{th}	m ²
G) Niveau sonore à réaliser : a) niveau du bruit de fond + 20 dB ou : b) niveau d'intelligibilité (fig. 17)	E	dB
H) Puissance sonore de la source nécessaire (graphique figure 16 et équation 8).....	W	W
I) On emploie des amplificateurs si W plus petit que W_0 , W puissance réelle de la source estimée d'après le tableau I; W_0 puissance effective de sortie en watts modulés : r_{1000} rendement des HP à 1 000 Hz W/r_{1000}	W_0	W
J) Disposition des hauts-parleurs directifs sur le plan		
K) Mesure du temps de réverbération actuel de la salle.....	T_{r1}	s
L) Influence du public : absorption introduite par celui-ci : $A_p = 0,4n$	A_p	m ²
M) Calcul à partir de l'équation 6 de la grandeur de l'absorption supplémentaire totale à introduire (valeur exacte)	A'	m ²
N) Absorption nette à introduire sur les parois : $A' - A_p = A''$	A''	m ²
O) Choix de la tonalité : répartition des absorbants selon leur nature.		
P) Mesures d'intelligibilité sur la salle vide, détermination en divers points du coefficient d'articulation, recherche des endroits défectueux.	i_0	%
Q) Aux emplacements particulièrement défectueux $i < 70$ %, on dispose des panneaux très absorbants d'absorption totale sur les parois environnantes de surface S' .	A'' S'	m ²
R) L'absorption restant à introduire est $A' - A''$. D'où le coefficient d'absorption moyen sur la surface restante $S - S'$	a_m	
S) Choix de ce matériau et mise en place définitive.		
T) Mesures d'intelligibilité et de réverbération avec l'installation sonore définitive, réglage de celle-ci.		
U) Vérification et révision des endroits présentant une intelligibilité insuffisante.		
V) Ajustage de la tonalité de la salle sur les graves : absorbants par résonance, sur les aigus : fauteuils et draperies.		
W) Pour les salles à usages multiples, introduction de surfaces d'absorption variable.		

TABLEAU IV. — LISTES DE LOGATOMES.

Liste 1.

dsé	dak	leuz	gén	zir	fok	deuj	tine	dép	dang
feum	fut	danv	zeuv	monv	vaf	keur	tion	pro	pév
kné	kif	pén	tsv	tran	kseu	kép	glo	rél	jum
géd	rane	sanz	fag	gvé	gouch	kid	feuz	bonch	leuv
seur	ronv	klé	lug	neuz	juk	sing	meut	sta	bés
smi	pég	tinz	nanj	gif	lén	konch	ris	vong	néd
pink	zanv	zok	neul	gét	ranp	nir	réf	vop	vant
vré	leuj	chap	donl	tanm	vik	vés	nam	peut	minf
vud	ket	lanch	neuch	gous	sok	zeun	tuz	zér	mab
foch	gik	mur	sanv	réch	jav	cheuz	dér	nins	chot

Liste 2.

jér	dru	keup	bné	dol	bré	dang	kach	fék	gop
beum	ksou	sif	lun	jni	dom	dvé	bop	lep	choub
gez	guf	jout	féch	juk	ziv	vur	lans	leut	zof
keuv	ganl	fta	greu	nanf	buk	péf	jud	kré	kam
ponch	juv	erch	zeus	dat	zég	tam	lanch	veug	finv
manv	elf	jouch	neuv	gif	tri	sman	louz	dos	zeup
jid	lér	déb	neuch	zén	zib	chonm	mej	teun	sad
soup	jés	mouz	nanr	fanj	rouz	tép	dog	fim	ném
preu	rum	pen	rit	nés	veus	vanp	teuv	béj	jag
sir	kna	kong	véb	kleu	vand	dzi	beus	baf	bog

BIBLIOGRAPHIE

- [1] VIVIÉ (J.), La vision et l'audition au cinéma. *Atomes*, octobre 1951.
- [2] BURRIS MEYER, *Theaters and Auditoriums*.
- [3] KNUDSEN (V. O.), *Acoustical Designing in Architecture*. Wiley, 1951.
- [4] WOOD, *Physics of music*. Methuen, London.
- [5] TRENDLENBURG, *Fortschritte der Physikalischen Akustik*. Springer, 1952.
- [6] MOLES, *Physique et Technique du Bruit*. Dunod, 1952.
- [7] RAES (A. C.), *Acoustique architecturale*. Eyrolles, 1951.
- [8] MOLES, L'emploi de la réverbération artificielle dans le théâtre parlé. *Annales des Télécommunications*, t. VI, n° 8, p. 245.
- [9] LEBLANC et LOMOND, *Traité d'aménagement des salles de spectacle*, 1949.
- [10] SONREL (P.), *Traité de scénographie*. Ed. Leutier, 31, rue Bonaparte.
- [11] MOLES, Le théâtre antique, exemple d'esthétique fonctionnelle. *Etudes Philosophiques*, n° 1, 1951.
- [12] MOLES, Le développement du théâtre sera-t-il une synthèse des techniques ? Pour paraître *Revue Internationale du Théâtre*, 1954.
- [13] MOLES, Le taux d'intelligibilité en tant que critère de la qualité acoustique d'une salle. *Annales des Télécommunications*, t. V, n° 2, février 1950, p. 57.
- [14] BERNHART, *Traité de prise de son*. Eyrolles.
- [15] CREMER (P.), *Principes scientifiques de l'acoustique des salles*. Hirzel, Zürich, Stuttgart.
- [16] PARKIN, ALLEN, PURKIS, SCHOLES, The Acoustics of the Royal Festival Hall, London. *Acustica*, 3, 1-21, 1953.
- [17] INGERSLEV, *Acoustics in Modern Building Practice*. The Architectural Press, London, 1953, 290 p.
- [18] KATEL, Les conditions d'emploi des matériaux absorbants dans l'acoustique architecturale. *Génie Civil*, novembre 1952.
- [19] *Building Research Congress 1951*. Reports, vol. 3, p. 9-53. Voir en particulier les études de PARKIN et ALLEN KNUDSEN sur les projets de salles et celles de KOSTEN et INGERSLEV (p. 32-38) sur les matériaux absorbant le son par résonance.
- [20] BARKIN (G. B.), *Architektura teatra*. Mo'skva, 1947. Un excellent ouvrage fournissant les plans d'un grand nombre de salles très connues. Ne traite pas des salles de cinéma.
- [21] CONTURIE, *Le Centre basse fréquence*. P. BOURDAN, *Onde électrique*, oct. 1952, p. 397-410. Exemples de réalisations de studios avec de nombreuses illustrations.

EXPOSÉ DE M. VIVIÉ

Avant-propos.

Les problèmes artistique et technique sont étroitement liés dans les diverses branches cinématographiques. Si, en matière de production, la technique est mise au service de l'expression artistique, elle se trouve plus particulièrement au service des besoins du spectacle en ce qui concerne les théâtres cinématographiques. De ce point de vue, tout doit être conçu dans les salles de cinéma en vue de la réalisation conjointe du *meilleur confort* et de la *qualité la plus élevée*. La notion de confort doit d'ailleurs être prise dans son sens le plus large, car elle concerne aussi bien le confort matériel du spectateur que le confort de la vision des images et de l'audition des sons.

Dans le présent exposé, nous nous placerons plus particulièrement au point de vue des caractéristiques qui doivent être réalisées par la salle elle-même et par son équipement, caractéristiques qui se trouvent soit définies par la *normalisation*, soit mesurées lors d'opérations de *contrôle*.

A. — Les problèmes de la vision.

Les problèmes de la vision se présentent sous divers aspects que nous allons envisager successivement.

1° Le rendu perspectif.

Un élément essentiel que l'on a trop tendance à oublier concerne la restitution de la perspective des images enregistrées. Il convient en effet de souligner qu'une image photographique doit toujours être placée par rapport à l'œil dans les mêmes conditions que l'objectif photographique se trouvait vis-à-vis du sujet original. C'est uniquement dans ces conditions que la vision de l'image permettra de restituer la perspective vraie du sujet et c'est ainsi que l'œil peut retrouver dans ces conditions, sinon le relief des divers objets, tout au moins une certaine sensation de profondeur résultant du fait que les divers éléments sont vus à nouveau sous les mêmes angles que lors de la vision directe.

Il est bien évident que nous ne pouvons respecter de façon rigoureuse les conditions du rendu perspectif lors de la vision des films, puisque les plans successifs sont enregistrés avec des objectifs de focales différentes, et qu'ainsi il conviendrait en toute rigueur que le spectateur occupât une place variable par rapport à l'écran. On peut cependant chercher à placer le spectateur en un point qui corresponde à la moyenne des focales utilisées à la prise de vues (fig. 1).

C'est ainsi que pour la focale moyenne de 35 mm, le spectateur devrait se trouver placé à une distance de l'écran égale à 1,6 fois sa

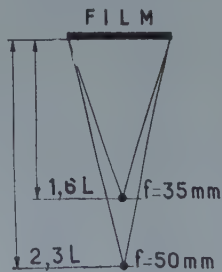


FIG. 1.

largeur. Or, cette distance est justement celle que la normalisation fixe comme distance minimum confortable pour la vision des films. Il semble donc qu'il y ait là un malentendu.

En fait, cette apparence de malentendu tient simplement à ce que les conditions de projection des images sont encore loin d'être parfaites. D'une part, on sait que la projection fait toujours appel, depuis le début du cinéma, à un flux lumineux intermittent qui provoque des effets de scintillement d'autant plus visibles que l'on se rapproche de l'écran. D'autre part, la stabilité des images dans le projecteur n'est pas absolue et les effets de fluctuation, tant dans le sens latéral que dans le sens vertical, sont évidemment plus perceptibles lorsqu'on se rapproche de l'écran. Enfin, la définition des images sur le film est limitée et l'aspect des plages est affecté par la granulation du dépôt argentique, élément qui est, lui aussi, plus perceptible à faible distance de l'écran.

Ce sont donc les imperfections de la technique de la projection cinématographique qui imposent le recul du spectateur par rapport au point idéal d'où il obtiendrait le meilleur rendu perspectif des images. C'est ainsi que la normalisation fixe ce point moyen à une distance d'environ 2,5 fois la largeur de l'écran (fig. 2). Cette position

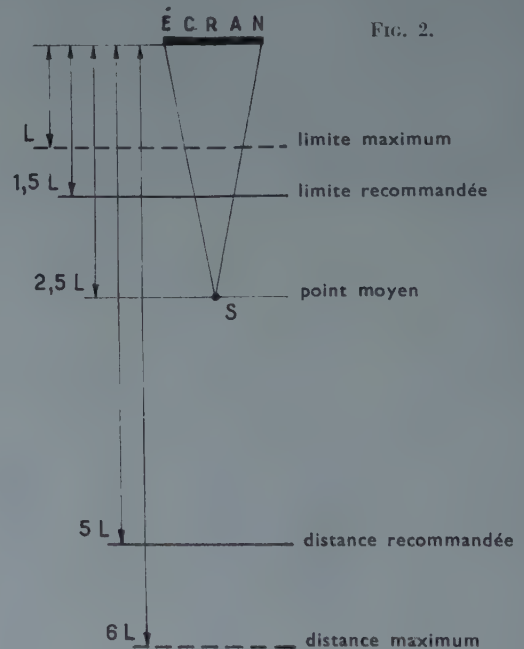


FIG. 2.

assure le rendu perspectif pour des prises de vues effectuées avec un objectif de focale 50 mm, focale qui était utilisée couramment il y a une vingtaine d'années. A l'heure actuelle, la tendance est nettement inversée; les opérateurs de prise de vues cherchent à utiliser des objectifs de focales de plus en plus courtes et il conviendrait donc parallèlement que l'on recherchât pour un proche avenir les moyens propres à rapprocher les spectateurs de l'écran.

A côté de ces considérations purement théoriques, le spectacle impose ses nécessités d'exploitation. Il convient qu'autour du point de placement idéal du spectateur, on crée une zone d'occupation qui doit être aussi large que possible, si l'on veut assurer la rentabilité de l'exploitation. Cependant, le confort de vision du spectateur impose des limites à l'extension de cette zone; ces limites ont été fixées par la normalisation. Celle-ci demande que l'on respecte une limite confortable de cinq fois la largeur de l'écran, en admettant comme limite maximum une distance de vision égale à six fois la largeur de l'écran. Il convient toutefois d'attirer l'attention sur le fait que ces limites ne permettent déjà plus d'assurer la vision dans de bonnes conditions. En effet, les caractéristiques physiologiques de l'œil sont parfaitement connues. Lorsque nous regardons un document avec une attention soutenue, le champ embrassé est limité à environ 16° dans le sens vertical et 20° dans le sens horizontal. Dans des conditions d'attention moins soutenue, nous pouvons pratiquer l'examen dans un champ plus étendu caractérisé par des angles de 36° et de 40° dans les sens vertical et horizontal : ces dernières données imposeraient que le spectateur ne soit pas éloigné de l'écran de plus de trois fois sa largeur. Il suffit d'ailleurs d'avoir été obligé d'occuper une place située dans le fond d'une salle pour ressentir cette sensation pénible d'une image trop petite dans le cadre de laquelle on ne discerne plus tous les détails et qui n'occupe qu'une portion restreinte du champ visuel normal.

2° Le rendu géométrique.

Nous avons implicitement supposé jusqu'à présent que le spectateur se trouvait placé sensiblement sur la normale au centre de l'écran et que l'image se trouvait donc vue sans déformation. En fait, les sujétions de l'exploitation imposent d'écarter le spectateur par rapport à l'axe de la salle jusqu'à un endroit que la normalisation a fixé en limitant l'inclinaison maximum par rapport à la normale au bord de l'écran. La limite recommandée est de 20° ; la limite maximum est de 30° (fig. 3).

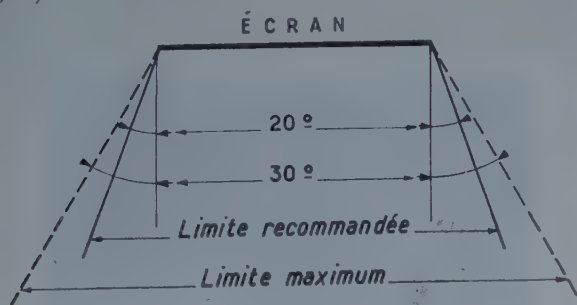


FIG. 3.

Il convient de bien insister une fois encore sur ces limites car on n'a que trop tendance à vouloir les dépasser aux fins de placer le plus grand nombre possible de spectateurs dans les salles. Or, on ne se rend peut-être pas assez compte des déformations déjà excessives que l'on subit dans ces conditions. C'est ainsi que le spectateur qui se trouve placé au premier rang à 30° d'inclinaison par rapport au bord de l'écran, arrive à voir un écran dont la largeur apparente est moitié de sa largeur réelle, en sorte que l'image qui est primitivement allongée en longueur, est vue finalement plus haute que large.

Ce fait est particulièrement frappant lorsque les images du film comportent des éléments géométriques, tels que des ensembles architecturaux ou des figures à contour circulaire.

Il est d'autant plus important de respecter les limites de la déformation géométrique introduite par le déport du spectateur par rapport à l'axe, que l'inclinaison de la projection introduit de son côté une distorsion trapézoïdale de l'image projetée. La combinaison des deux causes de distorsion amène ainsi à une déformation intégrale de la géométrie de l'image à la fois dans le sens de la largeur et dans le sens de la hauteur.

La normalisation a fixé à 3 % (recommandée) et 5 % (maximum) la limite de distorsion trapézoïdale (expression en % de la différence de largeur de l'image en haut et en bas de l'écran) (fig. 4).

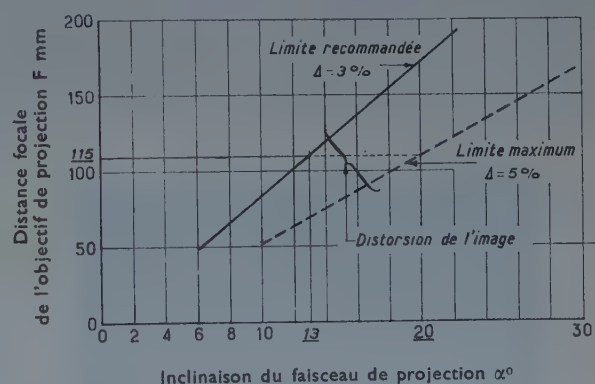


FIG. 4. — Limite de distorsion trapézoïdale fixée par la normalisation à 3 et 5 %.

Dans le cas d'utilisation d'un objectif de focale normale, la limite recommandée conduit à ne pas dépasser une inclinaison de 13° et il n'est pas difficile d'imaginer l'aspect que prennent les images projetées lorsque les cabines ont été implantées à une hauteur telle que le faisceau de projection arrive sur l'écran avec une inclinaison voisine de 30° (fig. 5) comme c'est malheureusement le cas dans plusieurs salles vieilles ou récentes.

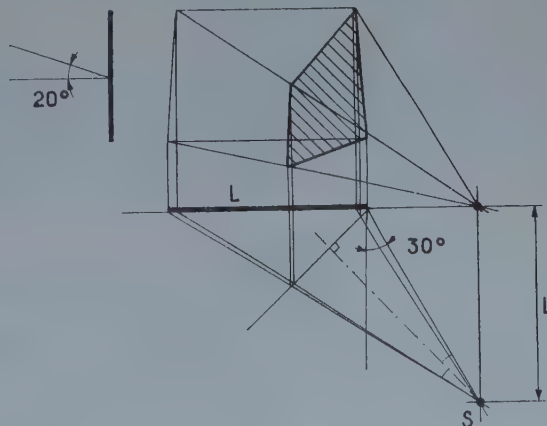


FIG. 5.

3° Le rendu des contrastes.

A côté des problèmes de rendu perspectif et de rendu géométrique, se place l'importante question du rendu des contrastes. En fait, le problème de la restitution des luminences relatives des diverses plages du sujet photographié, se pose à tout moment tout au long de la chaîne des opérations qui va depuis la prise de vues jusqu'à la projection en passant par les opérations de développement et de tirage.

En supposant que la copie positive respecte de façon assez satisfaisante les rapports de contraste du sujet original, il s'agit de ne pas modifier ces rapports par l'opération de projection. S'il est facile de réaliser cette condition sur le plan de la conception optique des équipements, par contre les conditions réelles de projection ont tendance à fausser le rendu des contrastes par l'influence des lumières parasites; celles-ci peuvent provenir de causes de divers ordres :

a) Il peut s'agir de la diffusion introduite par la présence de poussières ou de fumées dans l'atmosphère que traverse le faisceau de projection (fig. 6) (à cet égard, la fumée de tabac est l'une des plus dispersives qui puissent exister).

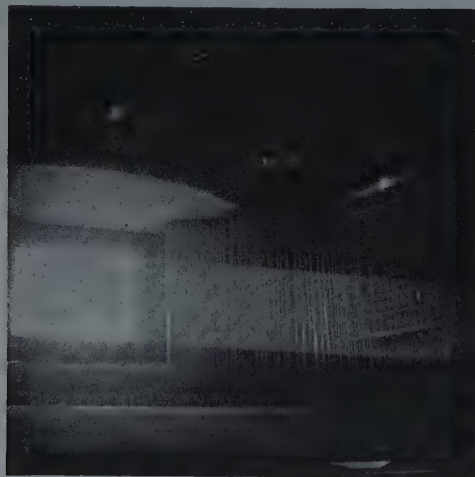


Photo J. Vivié.

FIG. 6. — Les poussières ou fumées traversant le faisceau de projection faussent le rendu des contrastes.

b) Un effet d'éclairement parasite de l'écran est également donné par les reflets qui se produisent sur des parois trop blanches ou sur lesquelles a été appliqué un enduit à caractère réfléchissant (fig. 7). Il en résulte non seulement un renvoi de lumière parasite sur l'écran, mais également l'apparition de reflets qui sont perçus directement par le spectateur et qui viennent gêner la vision des images.

c) La perception des contrastes sur l'écran peut également être modifiée si l'œil du spectateur perçoit dans son champ périphérique des points de haute brillance constitués, par exemple, par les lumières qui jalonnent les sorties et les cheminements (fig. 8). Précisons à ce sujet que les prescriptions de la sécurité n'imposent pas explicitement l'emploi de lampes apparentes et qu'une nette amélioration peut être obtenue sur ce point par la mise en œuvre de marques fluorescentes éclairées par des lampes à lumière ultra-violette.

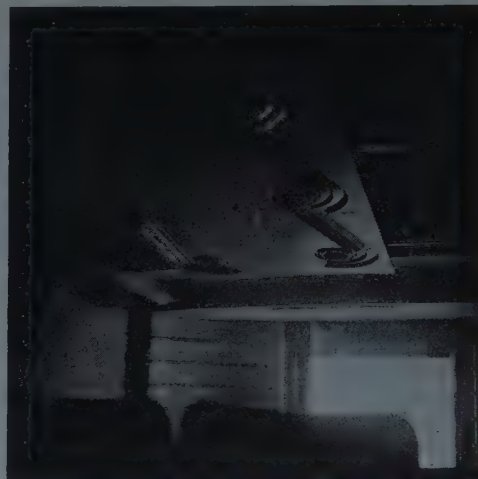


Photo J. Vivié.

FIG. 7. — Des reflets apparaissant sur des parois blanches, il résulte une lumière parasite sur l'écran.

L'effet des lumières parasites de tous ordres aboutit à aplatir le rendu des contrastes du fait que les portions de l'écran correspondant aux parties sombres de l'image reçoivent un éclairement supplémentaire qui provoque une dégradation dans le rendu des luminences.

Il est d'ailleurs possible de contrôler l'influence des lumières parasites sur l'écran lorsque l'on procède à la mesure de la brillance de projection. Il suffit, en effet, de disposer dans la fenêtre du projecteur un cache créant une tache noire au centre de l'écran : la brillance de cette tache caractérise le taux de lumière parasite (fig. 9). Ce taux varie entre 3 et 5 % dans de très bonnes salles; il peut s'élever à 10 ou 12 % dans des salles à parois trop claires ou comportant à proximité de l'écran des parois réfléchissantes mal disposées.

Sur ce dernier point, il convient d'ailleurs que l'on s'oriente à l'avenir vers une conception plus rationnelle des théâtres cinématographiques en supprimant les



Photo J. Vivié.

FIG. 8. — Exemples de points de haute brillance modifiant la vision du spectateur.

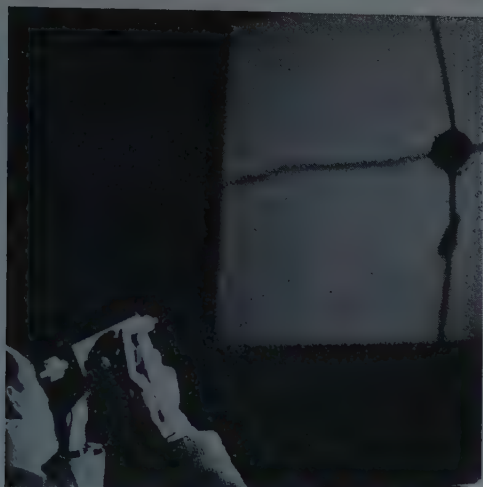


Photo J. Vivid.

FIG. 9. — Contrôle de l'influence des lumières parasites sur l'écran.

arrangements de scène qui subsistent encore de la technique du théâtre, afin que l'écran se trouve plus directement incorporé dans l'architecture même de la salle.

B. — Le problème du confort.

Le confort matériel du spectateur est un élément non négligeable des conditions de la vision des images dans les théâtres cinématographiques et son influence — pour être moins directe — n'est pas entièrement à méconnaître en ce qui concerne l'audition.

Deux points essentiels conditionnent le confort matériel du spectateur :

1° Le dégagement des têtes : on sait que le dégagement des têtes est dicté par la nécessité de voir la partie inférieure de l'écran sans être gêné par les têtes des spectateurs précédents. Cette question est particulièrement importante pour les salles qui projettent des films en version originale sous-titrés. Le problème connaît une solution théorique qui est appliquée couramment pour le calcul des courbures des planchers d'orchestre et qui repose sur les données matérialisées dans la norme concernant les caractéristiques dimensionnelles des salles (fig. 10). Malheureusement, le caractère théorique de cette solution fait que son efficacité a été faible dans la pratique. Ceci tient aux différences de la hauteur de buste que l'on constate entre spectateurs, sans parler de

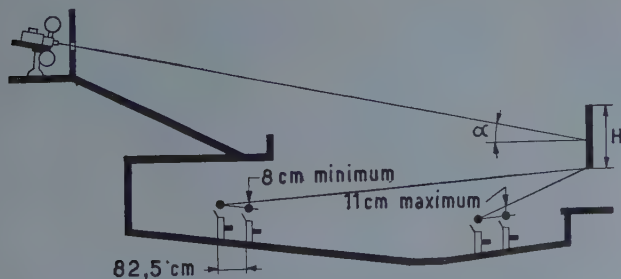


FIG. 10. — Norme française à coupe verticale d'une salle suivant l'axe de projection. Ici la cabine est implantée dans l'armature même du balcon.

la difficulté supplémentaire posée par le port des coiffures féminines.

Il ne semble pas que l'on puisse apporter à ce problème une solution efficace en dehors de la disposition des sièges en quinconce et à condition que leur alternance soit conçue en tenant compte de la convergence des axes de vision vers l'écran. Il en résulte évidemment une diminution de la densité de remplissage de la salle.

2° Les conditions d'implantation des sièges, ainsi que la forme même de ceux-ci doivent également être soumises à des règles normalisées, étant donné l'inconfort certain qui résulte, soit d'un espacement trop faible qui ne laisse pas un espace suffisant à l'allongement des jambes, soit d'un profil trop raide des fauteuils qui provoque une fatigue rapide du spectateur.

La normalisation a fixé un minimum de 80 cm pour le pas d'espacement des rangées de fauteuils et il convient de préciser que cette cote est absolument indépendante de celle de libre passage réclamée par les Services de la Sécurité. Toutefois, il est évident que la valeur précisée ci-dessus permet de répondre facilement aux exigences de circulation du public.

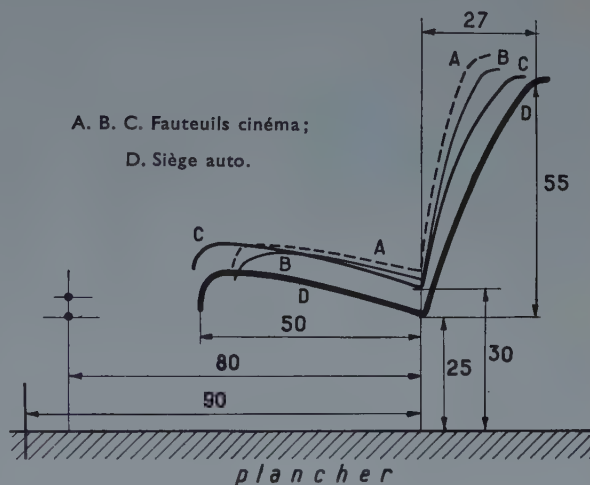


FIG. 11. — Comparaison entre les conditions de confort du spectateur et celles de l'automobiliste.

En ce qui concerne le profil des sièges, une étude comparative entreprise entre les divers modèles de fauteuils rencontrés dans les salles de cinéma, et le profil à peu près standard des sièges d'automobiles, montre que le fauteuil de cinéma confortable se rapproche très sensiblement du siège d'automobile (fig. 11). En normalisant un tel fauteuil et en recherchant une disposition qui permet l'allongement des jambes jusqu'à 90 cm du dossier, on résout de façon correcte le problème du confort matériel du spectateur.

C. — Possibilités d'avenir.

Après avoir dégagé les grandes lignes des caractéristiques actuelles du spectacle cinématographique en ce qui concerne la vision des images, il convient de songer aux possibilités d'avenir, car il ne fait aucun doute que la projection ne peut rester figée à son stade actuel, dont on peut déjà affirmer qu'il se trouve dépassé par les dif-

férents essais qui ont été entrepris dans cette voie. Or, il est intéressant de constater que tous ces essais ont été dirigés vers la recherche, non pas seulement d'un écran plus grand, mais surtout d'un écran plus large.

C'est Abel GANCE qui, avec le concours de la Maison DEBRIE, réalisa le triple écran au Marivaux en 1927; le professeur CHRÉTIEN démontrait en 1937 les possibilités de l'écran panoramique avec son système optique « Hypergonar » qui présente le gros avantage de ne rien modifier à l'appareillage de projection et qui vient d'être lancé par la Société Fox sous l'appellation de « Cinémascope ». Tout récemment, le système « Cinéràma » vient de rééditer, avec les ressources d'une technique plus moderne, le triple écran GANCE-DEBRIE.

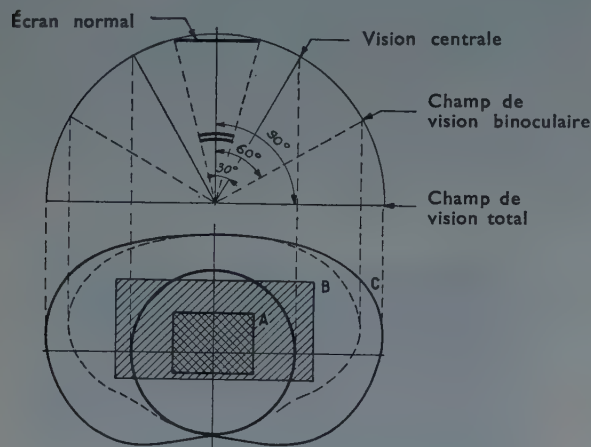


FIG. 12. — Caractéristiques du champ de vision binoculaire.

Il y a là l'indication d'une recherche dont il ne faudrait pas nier plus longtemps l'intérêt — nous dirons même la nécessité — si l'on ne veut pas accentuer la chute d'intérêt que le public ressent vis-à-vis du cinéma depuis quelques années.

Il convient donc, dès à présent, de concevoir les salles d'aujourd'hui en vue du grand écran panoramique de demain. En effet, la restitution de l'image sous une forme plus allongée que la disposition actuelle correspond à une nécessité sur le plan physiologique. Il suffit pour s'en rendre compte de considérer les caractéristiques du champ de vision binoculaire selon les données physiologiques couramment admises (fig. 12). Ce champ de vision atteint une amplitude de 120° et la courbe qui en définit le contour tient compte de la disposition des yeux avec l'effet de masque apporté par le nez et les arcades sourcilières. Le champ de vision total atteint même un angle de 180° , et s'il est évident que les yeux ne peuvent percevoir les détails des objets situés aux bords extrêmes du champ, ils n'en ressentent pas moins des impressions de présence qui sont loin de jouer un rôle négligeable dans les phénomènes de vision.

En tenant compte de ces considérations, il est facile de voir qu'un écran panoramique présentant un allongement double de l'écran actuel, répond déjà de façon satisfaisante au problème.

Or, une salle conçue dans les limites des caractéristiques dimensionnelles de la norme peut s'adapter à un écran panoramique de largeur double de l'écran normal sans connaître d'autre modification que la suppression

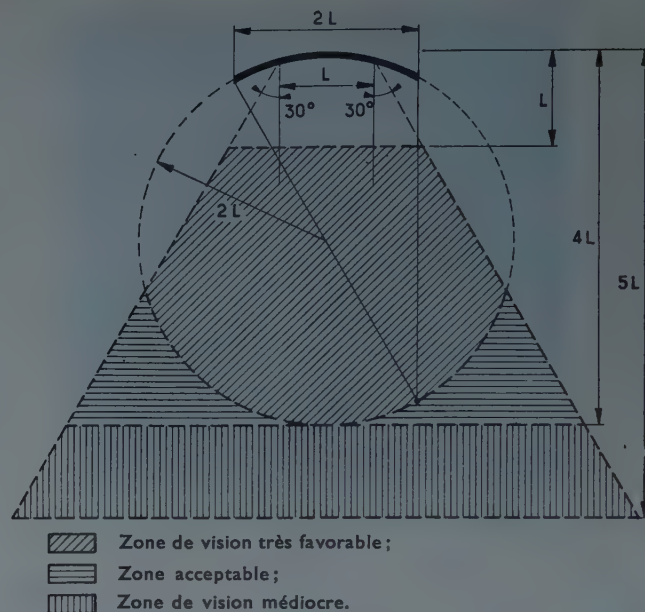


FIG. 13.

d'une partie de ses places arrière (fig. 13); en effet, pour un écran courbe de rayon $2L$ égal à sa largeur ⁽¹⁾, on doit considérer que la zone de vision correcte est limitée par le cercle de rayon $2L$ qui définit un lieu à angle de vision constant; on peut donc — dans la disposition normalisée — adopter comme limite optimum la distance $4L$ et admettre comme limite maximum la distance $5L$, les places les meilleures se situant dans la zone antérieure.

D. — Les problèmes de l'audition.

Les problèmes que pose l'audition des films dans les théâtres cinématographiques du double point de vue de la qualité et de la normalisation, sont maintenant de mieux en mieux connus au fur et à mesure que se multiplient les essais et contrôles entrepris dans les conditions même d'installation et d'exploitation des salles.

1° Contrôle électro-acoustique.

Le Service de Contrôle Technique de la Commission Supérieure Technique du Cinéma dispose à cet effet d'une camionnette-laboratoire ⁽²⁾ rassemblant tous les équipements de mesure nécessaires à l'exécution rapide des essais électro-acoustiques (fig. 14), des liaisons par câble avec la cabine et la salle permettant d'opérer dans les meilleures conditions de rapidité et de confort.

Une série complète d'essais se présente ainsi qu'il suit :

⁽¹⁾ La courbure de l'écran favorise la répartition de la lumière réfléchie par l'écran et accentue l'impression d'espace ressentie par le spectateur.

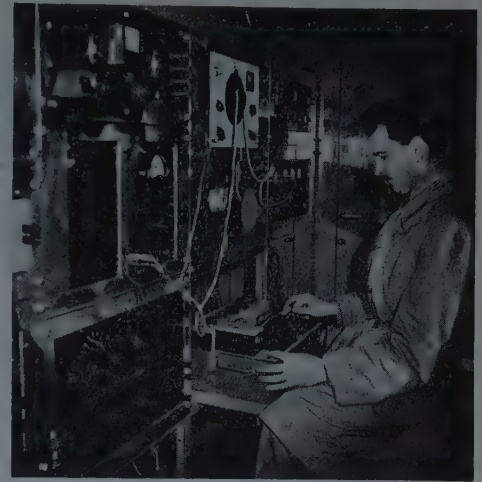
⁽²⁾ Cette camionnette avait été amenée devant le bâtiment de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics et les auditeurs ont pu en examiner les aménagements.



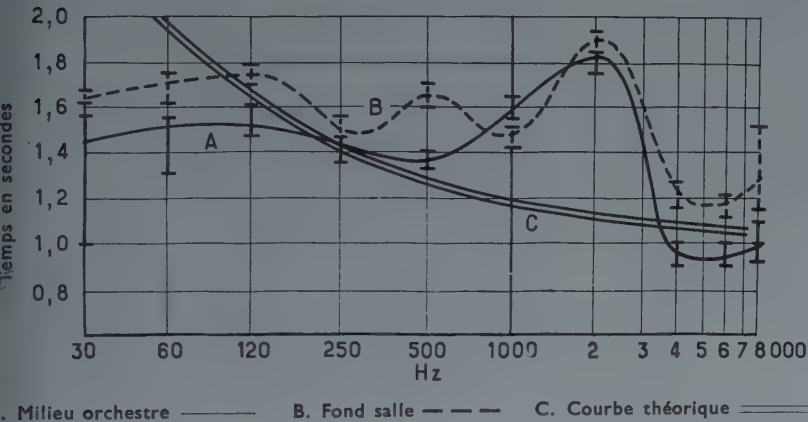
FIG. 14 — Camionnette-laboratoire.

A gauche : Vue de l'extérieur.

A droite : Vue de l'intérieur.



Photos J. Vivie.



a) Étude de la réverbération acoustique.

L'équipement de contrôle comporte un enregistreur rapide qui permet d'inscrire les courbes de décroissance de l'intensité sonore dans la salle aux diverses fréquences du spectre acoustique (fig. 15 a). L'ensemble des courbes relevées en différents points permet de déterminer la caractéristique donnant la variation du temps de réverbération global dans le spectre acoustique (fig. 15 b), et de déterminer en conséquence les corrections qu'il y a lieu d'apporter au traitement des parois.

FIG. 15 b. — Variation du temps de réverbération global dans le spectre acoustique.

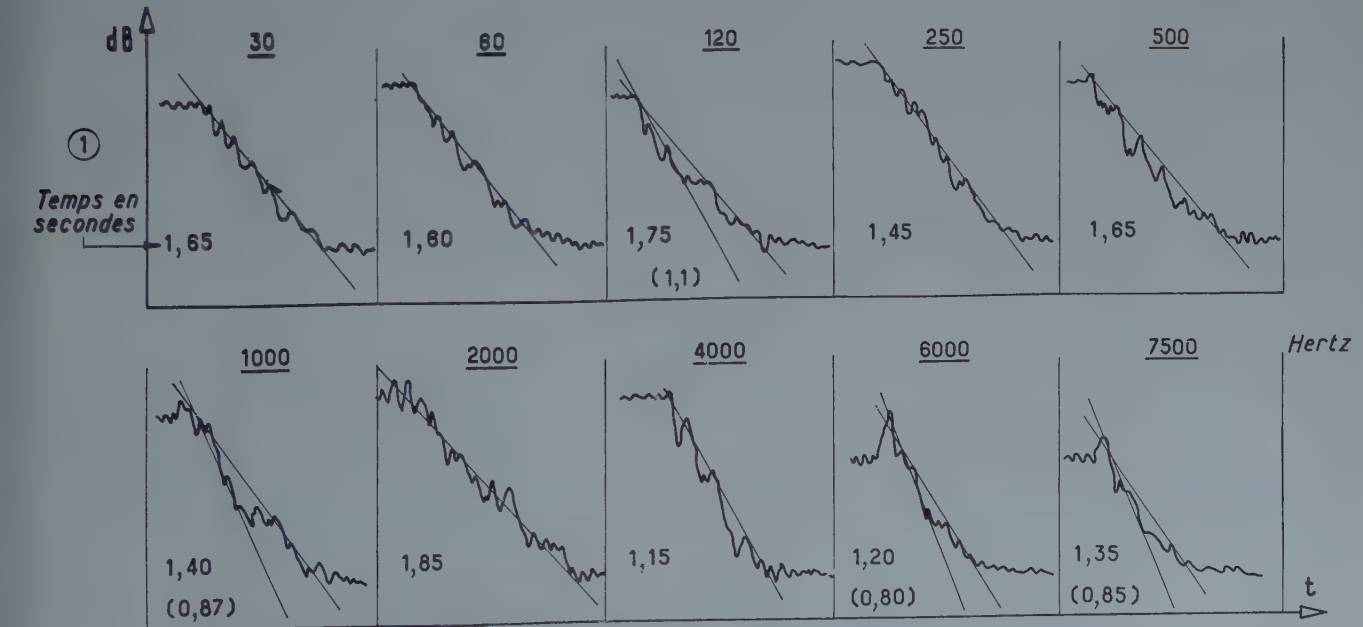


FIG. 15 a. — Courbes de décroissance de l'intensité sonore dans une salle aux différentes fréquences du spectre acoustique.

b) Caractéristiques de reproduction.

La confection d'un film d'essais comportant une suite continue de fréquences glissantes, permet de relever la caractéristique acoustique de reproduction dans les conditions mêmes où elle s'effectue lors de la projection des copies sonores. L'intensité du son est mesurée à l'aide d'un microphone condensateur étalon et l'enregistreur rapide précédemment cité permet de tracer directement la courbe caractéristique. En multipliant les relevés en différents points d'une salle, on aboutit à déduire de l'ensemble des courbes, une caractéristique moyenne parfaitement valable. Des comparaisons qui ont été effectuées, soit dans une même salle avec des équipements différents (fig. 16), soit dans des salles différentes munies d'un même équipement (fig. 17), ont effectivement permis de dégager les influences caractéristiques des divers paramètres d'une installation de projection sonore. C'est ainsi que l'on a pu étudier, en particulier, l'influence de la grandeur de la salle sur le niveau de reproduction du registre grave et que, par ailleurs, on a pu constater que dans des salles de même importance, les caractéristiques de reproduction acoustique présentent une allure générale très semblable lorsque les auditions sont jugées satisfaisantes.

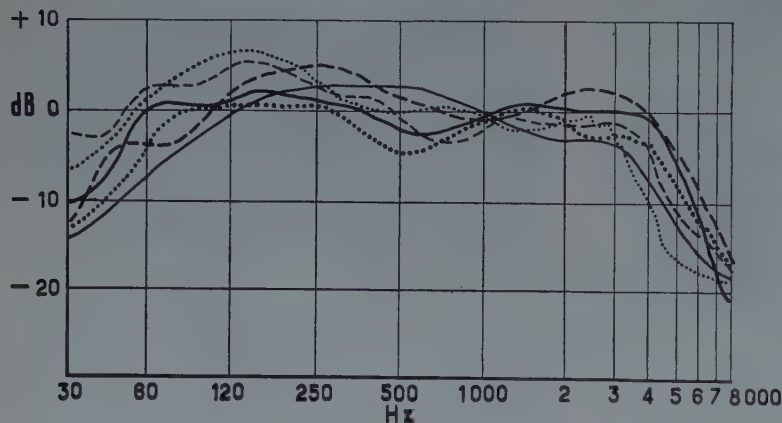


FIG. 16. — Caractéristiques comparées de reproduction sonore dans les grandes salles. (Chaque courbe représente un équipement différent.)

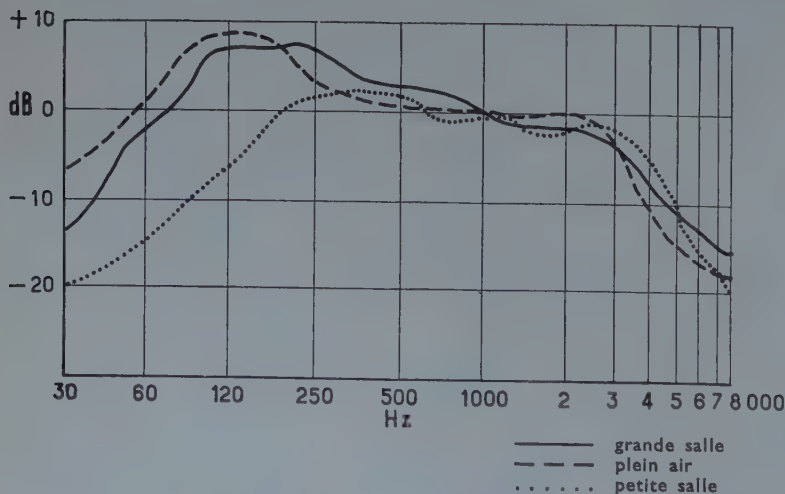


FIG. 17. — Influence de la nature des salles sur la caractéristique de reproduction.

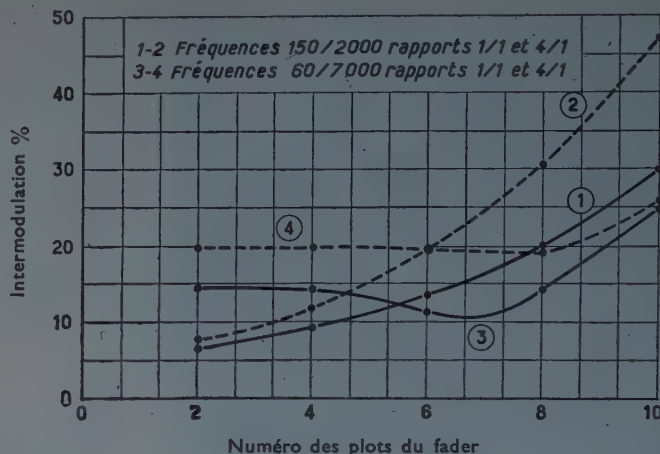


FIG. 18. — Caractéristiques d'intermodulation.

c) Intermodulation acoustique.

Il est d'ailleurs possible de caractériser la qualité de l'audition par des mesures d'intermodulation. On sait que celles-ci consistent à émettre un couple de fréquences respectivement graves et aiguës et à mesurer le pourcentage de modulation parasite que la fréquence grave introduit sur la fréquence aiguë. Cette méthode de mesure s'applique de façon particulièrement facile à la chaîne électro-acoustique globale et il est facile de mesurer l'effet d'intermodulation aux diverses puissances de reproduction pour divers couples et rapports de fréquences (fig. 18).

2° Normalisation des caractéristiques acoustiques.

Des renseignements statistiques recueillis, il est possible de dégager une normalisation qui fixe les valeurs moyennes optima devant être réalisées par les équipements de reproduction sonore des théâtres cinématographiques ainsi que par les salles elles-mêmes.

a) Temps de réverbération.

La norme française des caractéristiques acoustiques des salles fournit ainsi les valeurs optima des temps de réverbération en fonction du volume des salles pour diverses fréquences du spectre acoustique (fig. 19 a et 19 b). On peut en déduire les courbes de réverbération qui doivent être réalisées pour un échelonnement de salles de volumes croissants et l'on voit que l'allure de ces courbes présente une remontée sur les fréquences graves, qui tient compte du défaut d'absorption que l'on constate pratiquement sur la plupart des matériaux de traitement acoustique.

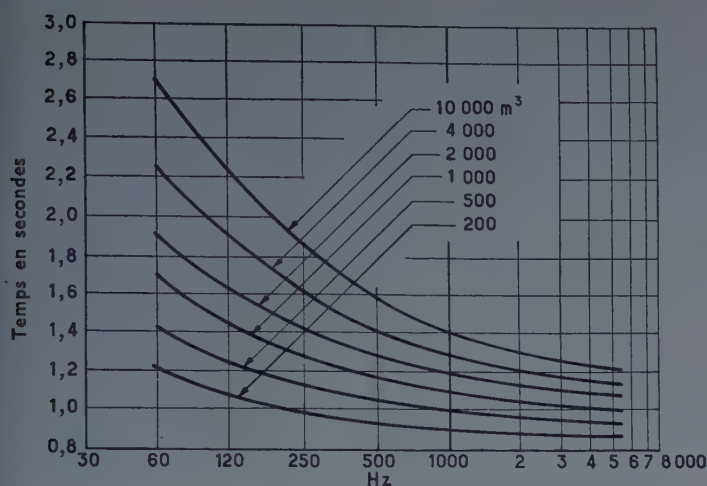


FIG. 19 a. — Temps de réverbération pour des salles de 200 à 10 000 m³ (norme 527 002).

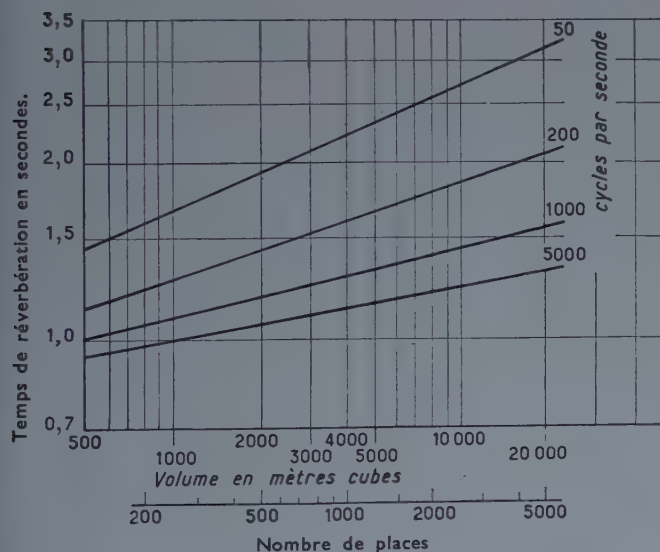


FIG. 19 b. — Valeurs optima des temps de réverbération en fonction du volume des salles.

On peut constater également que ce temps de réverbération reste fixé à des valeurs relativement élevées afin d'éviter la sensation désagréable que provoque une salle trop mate et de tenir compte des sujétions pratiques relatives à la puissance des équipements de reproduction ainsi qu'au coût des traitements absorbants. La même norme fournit d'ailleurs à titre indicatif la gamme de puissances qui se révèlent nécessaires pour les différents volumes de salles et toutes ces données sont en accord avec celles qui ont été fixées à l'étranger.

b) Caractéristiques de reproduction.

La comparaison qui a été effectuée entre les caractéristiques électro-acoustiques relevées dans un grand nombre de salles jugées satisfaisantes au point de vue

audition, permet de définir les limites entre lesquelles doit s'inscrire une caractéristique électro-acoustique dans les conditions actuelles (fig. 20), en tenant compte à la fois de la qualité moyenne des enregistrements photographiques et des possibilités offertes par les chaînes de reproduction et surtout par les hauts-parleurs qui constituent encore à l'heure actuelle le maillon le plus faible de toute chaîne électro-acoustique.

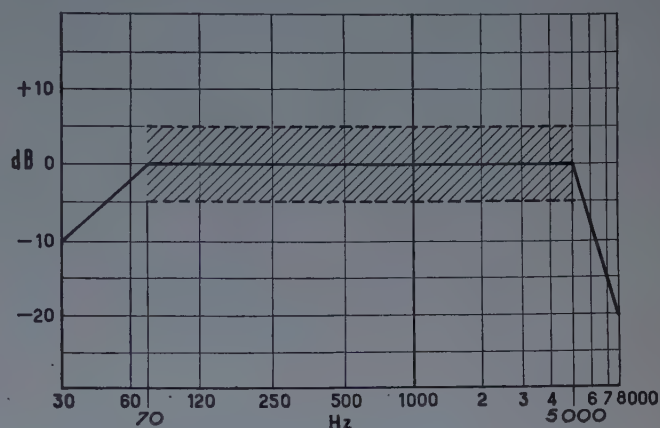


FIG. 20. — Spécifications concernant les caractéristiques acoustiques de reproduction sonore.

Il va sans dire que, conjointement aux limites ci-dessus de la caractéristique de reproduction, l'équipement doit fournir un taux d'intermodulation qui reste inférieur en toutes circonstances, à une valeur d'environ 10 %.

3° Possibilités d'avenir.

De même que pour la vision, il est bon de prévoir quelles seront, pour un avenir proche, les possibilités de perfectionnement ou d'extension de la reproduction sonore. Il est bien évident qu'en principe la substitution de l'enregistrement magnétique à l'enregistrement photographique devrait permettre de réaliser l'amélioration la plus substantielle dans la reproduction sonore, en élevant la dynamique d'écoute.

En effet, des essais entrepris dans les conditions réelles de projection en salle occupée (par MM. ALLA et CORDONNIER) ont permis de montrer qu'en tenant compte du bruit de fond réel d'une salle pleine (soit environ 40 à 50 phons) ainsi que du souffle inhérent à la lecture optique des pistes photographiques, il n'était guère possible de dépasser une dynamique de l'ordre de 30 dB (fig. 21). L'écoute des sons se trouve donc sérieusement comprimée par rapport à la dynamique d'écoute directe qui atteint facilement une valeur double. Or la lecture des enregistrements magnétiques directs permet d'atteindre sans difficulté une dynamique de reproduction de 50 dB. S'il était possible de maintenir ce chiffre dans les conditions pratiques d'exploitation, l'amélioration de la qualité sonore du spectacle cinématographique serait sensible.

Dans d'autres voies, il est permis de penser à la réalisation des effets d'ambiance sonore, voire même des effets de relief stéréophonique. Là encore, l'enregistrement magnétique simplifierait la réalisation de ces nouveaux modes d'expression sonore par la facilité avec laquelle ils se prêtent à l'enregistrement de plusieurs pistes sur la même bande.

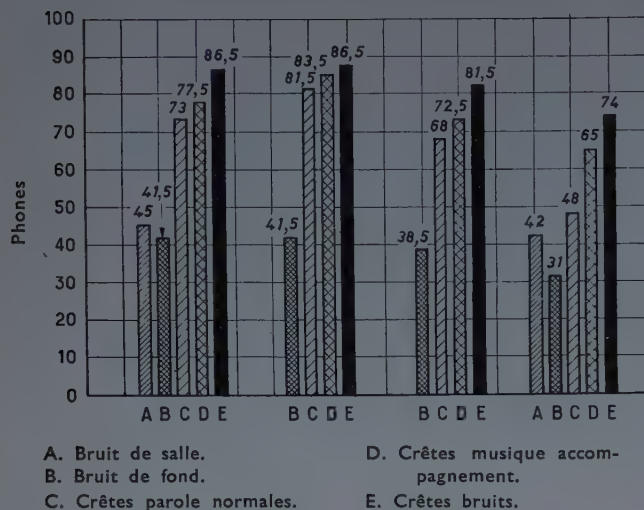


FIG. 21.

DISCUSSION

M. ALLA. — M. MOLES nous a cité des temps de réverbération de 0,4 à 0,8 s. Or, 0,2 s est le temps de réverbération d'une chambre sourde et se trouve donc irréalisable dans une salle; nous sommes par contre en complet accord avec les valeurs normalisées citées par M. VIVIÉ.

M. GUIBERT. — Je suis également d'accord sur le fait que les temps de réverbération cités par M. MOLES sont trop courts. Au lieu d'un intervalle de 0,4 à 0,8 s, on observe que tous les documents américains publiés sur la question ne descendent jamais en dessous de 0,7 s et les valeurs moyennes citées par ces documents sont confirmées pratiquement par les nombreuses réalisations effectuées en France et soumises au contrôle.

M. MOLES. — On doit plutôt considérer les valeurs de 0,4 à 0,8 s comme des desiderata. Elles sont effectivement nettement inférieures à celles données par un certain nombre d'auteurs. Il paraît cependant nécessaire que la salle puisse être considérée par l'ingénieur du son ou par l'opérateur qui règle l'amplificateur, comme un organe essentiellement passif sans réponse propre.

M. GUIBERT. — Il me semble cependant nécessaire d'insister, du fait que, pour des temps de réverbération trop faibles, on serait amené à déséquilibrer l'acoustique de la salle par une atténuation trop poussée des fréquences aiguës, car il n'existe pratiquement pas de matériaux absorbant les fréquences graves.

M. MOLES. — Cette remarque est tout à fait exacte. Il ne faut pas oublier cependant que l'on dispose actuellement d'absorbants par résonance qui répondent en grande partie à cette objection.

M. GUIBERT. — Il me faut encore citer un autre point de vue qui s'oppose à la réalisation de temps de réverbération trop courts. Prenons l'exemple d'une salle parallélépipédique mesurant 25 × 12 × 10 m, d'un volume de 3 000 m³, dont la surface des parois atteint 1 340 m². En se basant sur la valeur maximum de 0,8 s, citée par M. MOLES et en se basant sur la formule de Sabine, la salle devrait présenter 805 unités d'absorption, ce qui aboutirait, à première approximation, à une impossibilité, puisqu'il faudrait employer des matériaux absorbants présentant un coeffi-

cient moyen de 0,6. En examinant le problème de plus près et en admettant que la totalité du sol se trouve garnie de spectateurs dont le coefficient d'absorption est de 1, il ne resterait que 505 unités d'absorption à apporter dans la salle. En supposant que les garnitures de staff en réalisent 45, il resterait 460 unités d'absorption pour une surface de parois de 1 340 m²; ceci conduit alors à l'utilisation de matériaux de coefficient égal à 0,3, ce qui est possible, mais au prix moyen de 3 000 F le mètre carré, la dépense s'élève à 4 600 000 F et elle est prohibitive.

Conclusion.

Il ressort de l'exposé des différents points développés, que les données réelles susceptibles de caractériser la qualité du spectacle cinématographique, tant au point de vue vision, qu'au point de vue audition, sont maintenant relativement bien connues et qu'elles peuvent faire l'objet d'une normalisation dont l'avantage le plus marquant doit être évidemment de faciliter le travail des architectes et des techniciens chargés d'élaborer le projet d'une salle de cinéma. Il se peut que certaines des données normalisées ne soient pas en accord avec des valeurs résultant d'études présentant un caractère plus théorique, mais il convient de ne jamais oublier les sujétions, tant économiques que techniques qui s'imposent dans la pratique et la normalisation se doit d'en tenir compte.

M. MOLES. — L'exemple pris par M. GUIBERT est un peu extrême surtout quant aux valeurs numériques des prix. Il n'est pas douteux cependant que le traitement acoustique d'une salle — surtout de cinéma — ne doive représenter une proportion appréciable du budget d'aménagement et, sur ce point, il reste à faire l'éducation des directeurs de salles.

Nous concluons que les chiffres que je donne comme optima sont un peu difficiles à atteindre; les valeurs données par la norme française peuvent donc effectivement servir de base pour l'avant-projet, mais au moment de l'ajustage des salles, il faudrait toujours retoucher dans le sens d'une diminution de ces valeurs.

M. ALLA. — M. MOLES cite une valeur de 35 dB pour le bruit de fond dans une salle. Or, les mesures que nous avons effectuées et auxquelles M. VIVIÉ a fait allusion, donnent 45 phones en moyenne. C'est, en effet, le phone qu'il convient d'employer pour l'expression des niveaux acoustiques et non le décibel.

M. MOLES. — J'ai souligné dans l'exposé, la différence qui existe entre les valeurs en décibels acoustiques, unité physique objective, et les valeurs en phones, unité psychologique de sensation, dont je dois souligner qu'elle est malheureusement assez incertaine car elle se base sur les courbes dites de Fletcher normalisées, dont la précision est douteuse. Les mesureurs de bruit comportent, en principe, une échelle avec filtre normalisé prétendant reproduire les courbes de l'oreille, mais pour ce qui nous intéresse ici (à savoir le spectre moyen du canal électro-acoustique film + amplis + salle) ces filtres donnent encore trop d'importance aux fréquences assez graves qui, pratiquement ne dérangent guère l'auditeur.

(Reproduction interdite.)

SUPPLÉMENT AUX
ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

NOVEMBRE 1953

Sixième Année, N° 71.

Série : ÉQUIPEMENT TECHNIQUE (XLI).

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SÉANCE DU 13 MAI 1953

SOUS LA PRÉSIDENTENCE DE **M. MISSENARD.**

GÉNÉRATEURS

**Chaudières automatiques modernes de chauffage central
aux combustibles solides.**

Par **M. R. RABET**, Ingénieur des Arts et Manufactures.

Nouveaux générateurs à grand taux d'échange et à faible volume.

Par **M. H. MAUBOUCHÉ**, Ingénieur E. S. E.

JOURNÉES INTERNATIONALES DE CHAUFFAGE, VENTILATION, CONDITIONNEMENT DE L'AIR
11 - 12 - 13 mai 1953

INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

AVANT-PROPOS DU PRÉSIDENT

Le programme prévoit que nous devons encore discuter ce matin, sinon de combustibles, du moins de combustion et de production d'énergie. La première conférence est celle de M. RABET.

M. RABET, Ingénieur des Arts et Manufactures, est bien connu des milieux du chauffage. Longtemps professeur de chauffage industriel à l'Office central de Chauffage rationnelle, il a fait profiter l'industrie de ses études et de son expérience. Président de la section chaudières en acier et brûleurs automatiques au charbon du Syndicat des Constructeurs-Installateurs de Matériel de Chauffage, Ventilation et Conditionnement de l'Air, il a créé de nouveaux types de chaudières automatiques qui en font un technicien des plus réputés de France.

Nous le remercions de nous faire profiter de son expérience.

M. RABET. — Je remercie Monsieur le Président des paroles qu'il vient de prononcer à mon égard, absolument imméritées et je vais essayer de vous présenter d'une façon aussi nette que possible le point sur les chaudières automatiques modernes aux combustibles solides.

Résumés.

CHAUDIÈRES AUTOMATIQUES MODERNES DE CHAUFFAGE CENTRAL AUX COMBUSTIBLES SOLIDES

Le conférencier après avoir défini les groupes et les chaudières automatiques précise les caractéristiques de leurs foyers, ainsi que de leurs échangeurs. Passant aux groupes automatiques dont on indique les caractéristiques, il définit ensuite le classement usité des chaudières automatiques.

Après avoir décrit les principales chaudières automatiques couramment utilisées dans le marché, il nous donne d'importants aperçus sur les économies de combustible et de main-d'œuvre susceptibles d'être obtenues avec le chauffage automatique. Il envisage, dans un proche avenir, une place prépondérante pour ce mode de chauffage, si toutefois son expansion n'est pas entravée par des textes législatifs contraires à l'intérêt général.

Summaries.

MODERN AUTOMATIC BOILERS FOR CENTRAL HEATING WITH SOLID FUELS

After having defined the automatic boilers and boiler sets, the lecturer describes the characteristics of their fire-boxes and heat exchangers. Taking up the automatic sets, the characteristics of which he defines, he then expounds the common classification of automatic boilers.

After describing the principal automatic boilers commonly available commercially, he makes some important points on savings on fuel and labor which can be made with automatic heating. He foresees in the near future a preponderant place for such a type of heating, provided that its expansion is not hindered by legislation contrary to the general welfare.

NOUVEAUX GÉNÉRATEURS A GRAND TAUX D'ÉCHANGE ET A FAIBLE VOLUME

Débutant par un exposé historique, l'auteur examine l'évolution des différents générateurs de vapeur.

Les appareils les plus anciens comprenaient des volumes d'eau considérables et des maçonneries importantes. Les vitesses des fluides étaient faibles et les rendements bas.

Les utilisateurs demandant aux générateurs une souplesse de plus en plus grande et des rendements accrus, les constructeurs durent diminuer les masses et les volumes, tout en accroissant les rendements et la souplesse.

L'auteur examine alors les différentes solutions récemment proposées sur le marché mondial et donne la description des principes de construction et les résultats obtenus sur des modèles récents.

NEW BOILERS WITH A HIGH EXCHANGE RATE AND A SMALL CAPACITY

Starting with a historical survey, the author examines the evolution of the different types of steam generators.

The oldest designed boilers required exceptionally large water volumes, and a large quantity of masonry. The velocity of fluids were very slow and efficiency very poor.

The users were demanding generators with more flexibility and higher efficiencies. Therefore, in order to meet these requirements, the builders were obliged to reduce the weights and volumes and at the same time to increase the efficiencies.

The author then examines the solutions recently proposed on the world market, and describes the principle of construction and the results obtained with some recent types.

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

CHAUDIÈRES AUTOMATIQUES MODERNES DE CHAUFFAGE CENTRAL AUX COMBUSTIBLES SOLIDES

Par R. RABET,

Président de la section chaudières en acier et brûleurs automatiques au charbon du Syndicat des constructeurs et des constructeurs-installateurs de matériel de chauffage, ventilation et conditionnement de l'air.

Introduction.

Toute chaudière en fonte ou en acier équipée avec un foyer automatique constitue un groupe automatique.

C'est la condition nécessaire et suffisante admise par le *Groupe Syndical des Constructeurs*.

Les principales caractéristiques d'un groupe automatique seront donc celles du foyer pour tout ce qui concerne le combustible et la combustion, celles de l'échangeur pour tout ce qui concerne la transmission de chaleur à un fluide d'utilisation.

Selon que le fluide sera de l'eau ou de l'eau se transformant en vapeur, le groupe automatique sera dit à eau chaude ou à vapeur.

L'automatisme du foyer entraînant le qualificatif au groupe entier, il convient de définir ce que l'on appelle couramment un foyer automatique :

Un foyer automatique est un foyer dans lequel le combustible d'une part, et l'air comburant d'autre part, sont distribués simultanément dans une proportion convenable établie une fois pour toutes, de façon à assurer une combustion optimum.

Le charbon est amené dans le foyer soit par gravité, soit mécaniquement et l'air est soufflé ou aspiré par un ventilateur ou un aspirateur.

La distribution de l'air et celle du combustible peuvent être arrêtées simultanément ou réduites considérablement, puis rétablies dans des temps très courts, par l'arrêt ou la mise en marche du ou des moteurs électriques qui commandent le foyer.

C'est le réglage par ce que l'on appelle le « tout ou rien » ou le « tout ou peu », car en réalité le foyer se maintient en veilleuse pendant la période d'arrêt des moteurs.

Les variations d'allure sont par suite très rapides et permettent de suivre d'une façon aussi rapprochée que possible les fluctuations des besoins thermiques. Ces variations sont commandées soit par des thermostats, soit par des régulations, fonction de la température extérieure, des heures d'occupation des locaux, etc.

Tous les programmes de régulation sont donc applicables aux groupes automatiques aux combustibles solides, au même titre que pour les chaudières équipées avec des brûleurs aux huiles lourdes.

Les groupes automatiques ne constituent pas cependant toujours des ensembles parfaits, car les chaudières n'ont pas été spécialement conçues pour un type déterminé de foyer, et réciproquement. Toutes les conditions requises pour assurer un fonctionnement rationnel peuvent donc ne pas être parfaitement remplies. La chambre de combustion, par exemple, peut ne pas avoir le volume ou la forme nécessaire à la meilleure utilisation du foyer.

Par opposition au groupe automatique, la chaudière automatique au contraire est constituée par un échan-

geur et un foyer automatique spécialement étudiés l'un pour l'autre, et formant un tout bien homogène.

Il est évident que dans ce cas particulier il est beaucoup plus facile de réaliser les conditions optima de fonctionnement et que d'une façon générale les chaudières automatiques constitueront des ensembles beaucoup plus rationnels et moins encombrants que les groupes automatiques.

I. — Rendement.

Le rendement des chaudières automatiques modernes doit être aussi élevé que possible et jamais inférieur en essais à 80 % ou 85 %.

Ce résultat est d'ailleurs beaucoup plus facile à obtenir en chauffage central que dans les groupes industriels, car le fluide à chauffer est à beaucoup plus basse température et l'absence de fumisterie réduit sensiblement les pertes par rayonnement.

Le rendement est essentiellement fonction de la combustion, donc du foyer et de son réglage, puis de la transmission de la chaleur produite à un fluide, donc de l'échangeur.

Foyers automatiques.

Ils sont pratiquement tous établis pour que l'épaisseur de la couche de charbon dans le foyer soit maintenue réellement ou théoriquement constante, soit par gravité, soit mécaniquement, soit par les deux procédés à la fois.

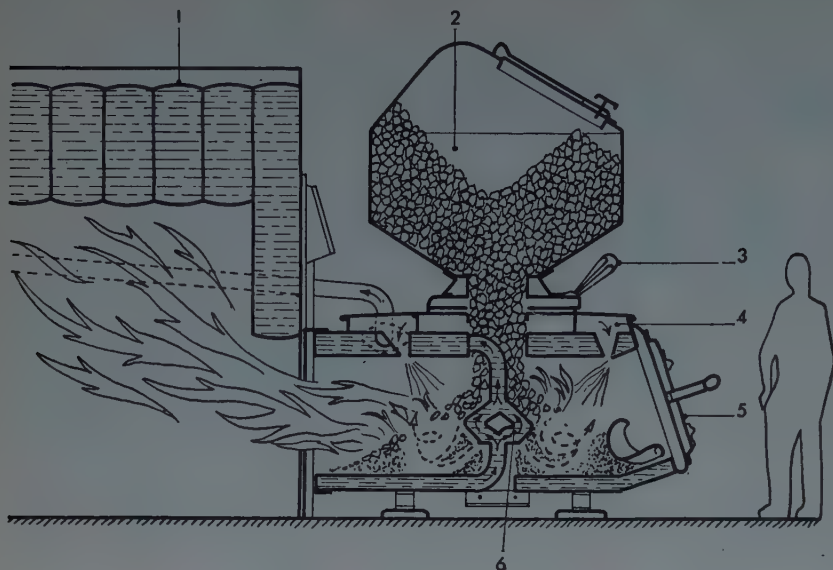
C'est précisément cette caractéristique qui permet, pour un combustible déterminé, de réaliser une fois pour toutes un réglage du débit de charbon et de l'air de combustion, le foyer devant théoriquement toujours rester par la suite semblable à lui-même.

Foyers à alimentation par gravité — Le combustible emmagasiné dans une trémie, descend par gravité dans le foyer et se répartit en formant un talus d'éboulement constant, se renouvelant au fur et à mesure de la combustion (fig. 1-2-3).

Une grille spéciale, inclinée en général, ou une ou plusieurs tuyères à circulation d'eau, ou enfin une sole, assurent la répartition de l'air primaire sous le combustible. Une distribution d'air secondaire permet l'achèvement de la combustion.

Dans ces appareils, la combustion s'effectue dans d'excellentes conditions, car l'épaisseur du charbon étant maintenue automatiquement et rigoureusement constante, le débit d'air se maintient également constant et un réglage très poussé de la combustion est possible.

Seul l'encrassement du foyer vient modifier, après un certain temps de fonctionnement, qui dépend de la teneur en cendres du combustible, le réglage initial.



1. Chaudière;
2. Réservoir à charbon;
3. Arrêt du charbon;
4. Air secondaire;
5. Porte de décrochage;
6. Tuyère.

FIG. 1. — Brûleur à gravité à écran d'eau à décrochage à main type Cerac.

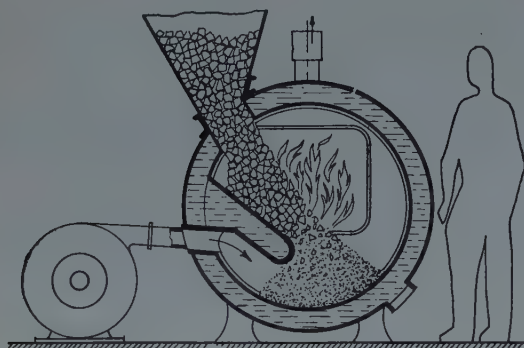


FIG. 2. — Brûleur à gravité à écran d'eau à décrochage à main type S.I.C.

L'air soufflé ou aspiré provoquant une combustion active, les cendres fondent et se transforment en mâchefers plus ou moins compacts selon leur température de fusibilité et recouvrent progressivement la grille ou entourent l'écran d'eau en épousant sa forme.

La combustion s'effectue en deux temps et de l'air secondaire est nécessaire pour l'achever.

L'épaisseur minimum pour assurer une bonne combustion dépend de la qualité du combustible et de son calibrage.

L'expérience montre que cette épaisseur doit être, notamment pour les charbons maigres ou similaires, de l'ordre de dix à quinze fois la plus grande dimension des morceaux de combustible à brûler.

Cette nécessité justifie l'emploi, dans tous ces foyers, de charbons de petits calibres n'excédant pas 20, 25 ou 30 mm au maximum, de façon à éviter des épaisseurs trop grandes de combustible, qui entraîneraient des dimensions disproportionnées pour le foyer.

Foyers à alimentation mécanique. — Ce sont des foyers dans lesquels le charbon est transporté de la trémie

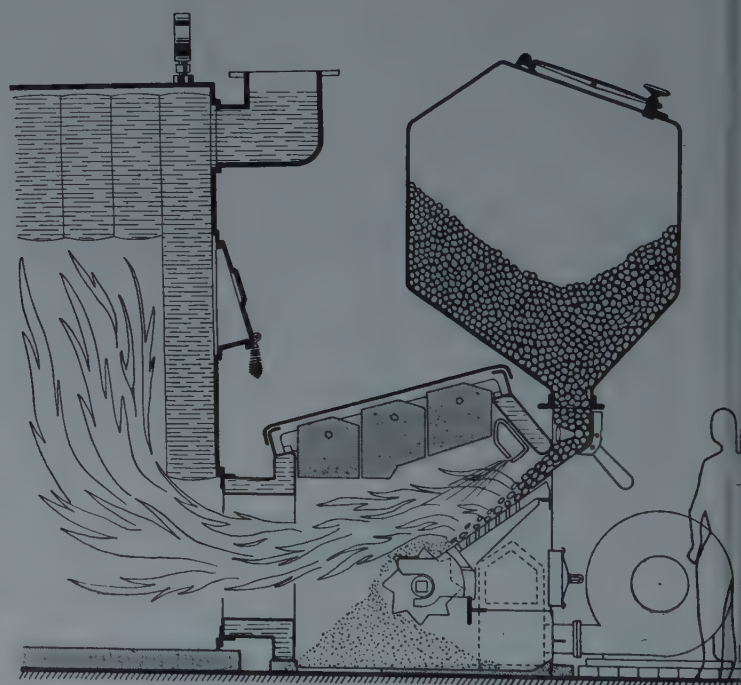


FIG. 3. — Brûleur à gravité à grille inclinée et décrochage mécanique type Fuvor.

de réserve à la zone de combustion par un procédé mécanique quelconque (vis, poussoir, pelleteur, etc.).

Foyers à vis. — Dans ces appareils, le charbon est transporté de la trémie à la cuve-foyer dans laquelle s'opère la combustion par une vis sans fin (fig. 4).

Le charbon arrive à la partie inférieure de la cuve et s'échauffe progressivement au cours de son ascension, s'allume à hauteur des tuyères, puis la combustion se continue jusqu'à la partie supérieure de la couche qui prend la forme d'un champignon. La combustion s'achève sur des grilles latérales.

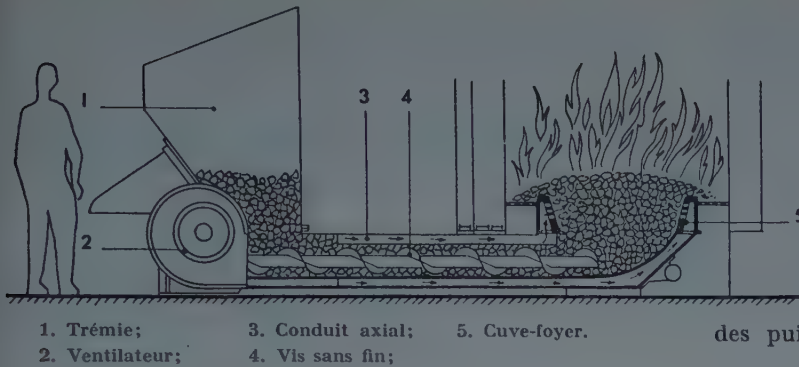


FIG. 4. — Foyer à vis à cuve-foyer.

Le fonctionnement du ventilateur de soufflage de l'air primaire et secondaire et la commande de la vis, sont

assurés par un ou par deux moteurs indépendants.

Foyers à poussoir et à cuve-foyer. — Ces appareils sont identiques aux précédents mais le charbon est transporté dans la cuve-foyer par un piston poussoir auquel peuvent être adjoints des pistons auxiliaires de répartition du charbon sur la longueur de la cuve-foyer, de dimension, en général, plus importante que celle des foyers à vis (fig. 5).

Pour cette raison, les foyers à poussoir peuvent assurer, dans de bonnes conditions, des puissances supérieures à celles des foyers à vis.

Foyers à poussoir et grilles planes. — Ces appareils sont identiques aux précédents en ce qui concerne le transport du charbon, mais la cuve-foyer est remplacée par une grille plane soufflée, sur laquelle le charbon est poussé et réparti par le ou les poussoirs (fig. 6).

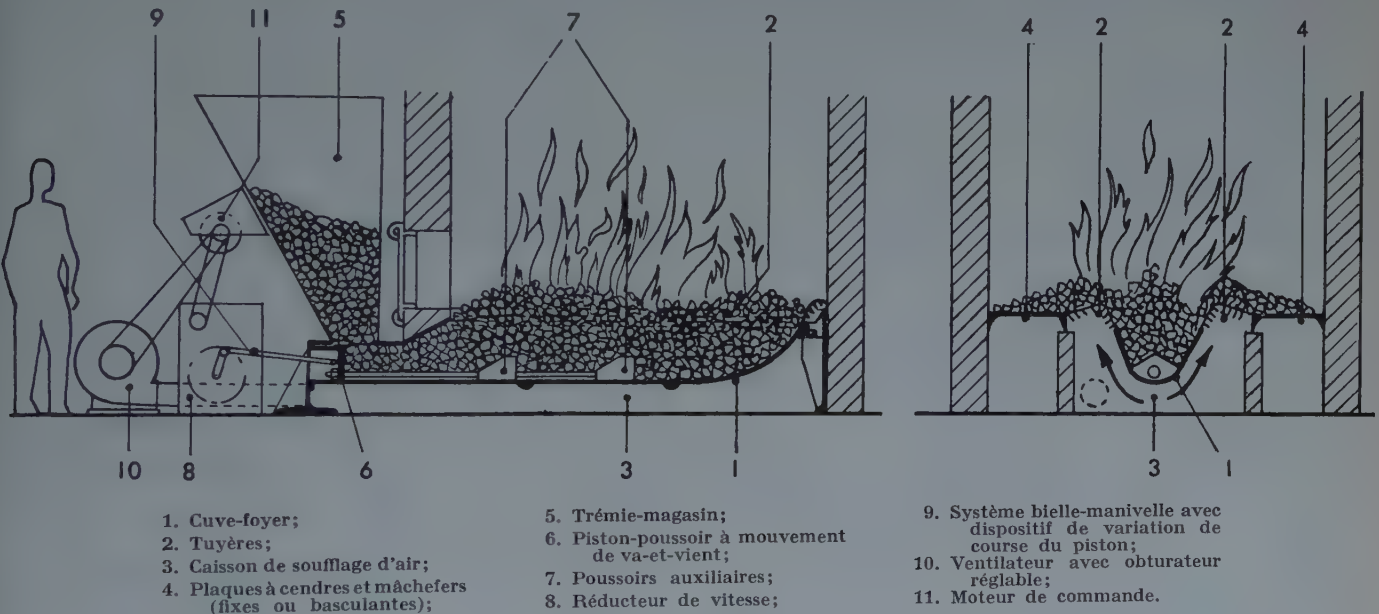


FIG. 5. — Foyer à poussoir et à cuve-foyer.

1. Grille plane;
 2. Poussoir animé d'un mouvement de va-et-vient;
 3. Ventilateur;
 4. Caisson de soufflage d'air;
 5. Trémie-magasin;
 6. Mécanisme de commande du poussoir avec dispositif de réglage de l'alimentation;
 7. Moteur de commande;
- A. Air primaire;
B. Air secondaire.

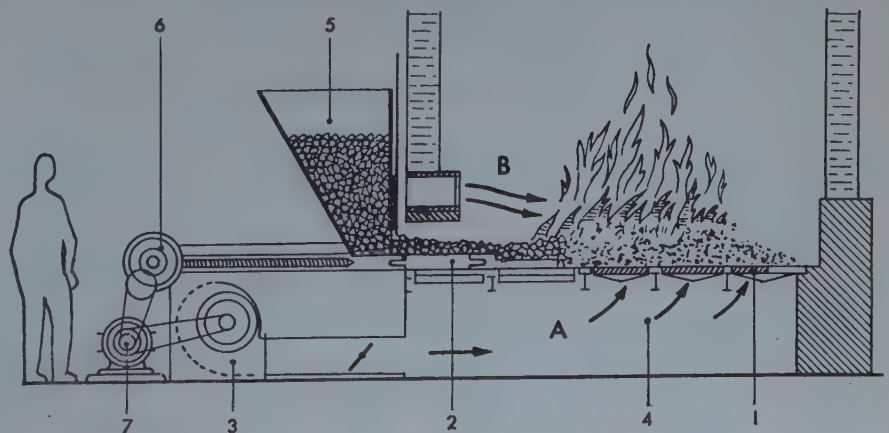
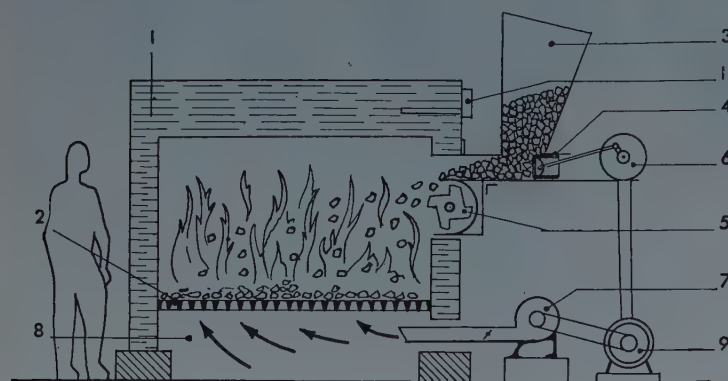


FIG. 6. — Foyer à poussoir et grille plane.

Foyers à projection. — Dans ces appareils, le combustible est projeté sur une grille soufflée fixe ou tournante, au moyen d'un dispositif approprié ayant pour but de répartir sur la grille d'une façon aussi homogène que possible le charbon prélevé dans la trémie de stockage (fig. 7).



- | | |
|---|--|
| 1. Générateur; | 6. Mécanisme de commande et de réglage d'allure; |
| 2. Grille; | 7. Ventilateur; |
| 3. Trémie-magasin; | 8. Caisson de soufflage d'air; |
| 4. Dispositif de distribution de charbon; | 9. Moteur électrique; |
| 5. Dispositif de lancement du combustible (par exemple pelleuse rotatif); | 10. Aquastat ou manostat. |

FIG. 7. — Brûleur à projection.

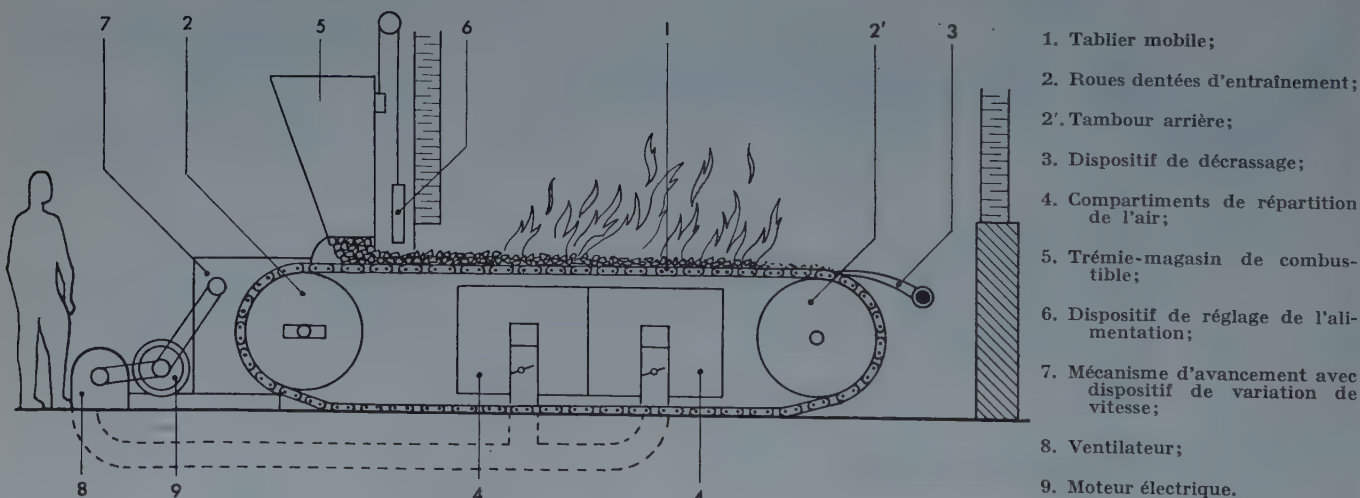


FIG. 8. — Grille mécanique horizontale à chaîne.

Grilles mécaniques. — L'alimentation du combustible sur la grille est assurée soit par gravité, soit par un dispositif distributeur (fig. 8).

Le combustible est ensuite entraîné dans le foyer, soit par l'avancement continu de la grille dans le cas de grille horizontale à chaîne, soit par mouvements alternatifs des barreaux, dans le cas de grille pleine à barreaux mobiles.

Le fonctionnement est complété par le décrassage mécanique, c'est-à-dire par l'évacuation des mâchefers, en dehors du plan de grille actif ou non.

Dans la grille horizontale à chaîne comme dans celle inclinée à barreaux mobiles (fig. 9), le charbon progresse de l'avant à l'arrière.

Tous les foyers décrits ci-dessus sont automatiques et permettent, outre un réglage poussé de la combustion, des variations rapides d'allure. Ils diffèrent les uns des autres par la facilité de conduite et les caractéristiques des charbons utilisés.

Contrairement aux foyers à alimentation par gravité, l'épaisseur de charbon dans les foyers à alimentation mécanique n'est maintenue constante que si le poids de charbon brûlé à l'heure est égal au poids de charbon introduit dans le foyer. Le réglage est donc un peu plus délicat que pour les foyers à gravité.

Échangeurs.

Les calories étant ainsi produites dans les meilleures conditions, il convient de les récupérer au maximum dans l'échangeur pour les transmettre au fluide à chauffer.

L'échange s'effectue par conductibilité, par rayonnement et par convection.

Il convient de rechercher les dispositifs qui facilitent les échanges et permettent un épuiement thermique aussi complet que possible des produits de la combustion.

Le rayonnement dépend de la forme et de l'importance de la chambre de combustion, mais cette dernière est toujours limitée par l'encombrement du groupe et la nécessité de ne pas trop abaisser la température ambiante afin de ne pas nuire à la bonne combustion.

Les échanges thermiques par convection étant régis par la formule générale :

$$KS(T - t)$$

il est facile de se rendre compte que pour améliorer ces échanges il faut augmenter soit l'écart de température ($T - t$), soit la surface d'échange S , soit le coefficient de transmission K .

1. Barreaux mobiles;
2. Mécanisme de commande des barreaux;
3. Trémie-magasin;
4. Organe de distribution du charbon (par exemple poussoir);
5. Compartiments de soufflage d'air;
6. Réducteur de vitesse et mécanisme de changement d'allure;
7. Ventilateur;
8. Moteur électrique.

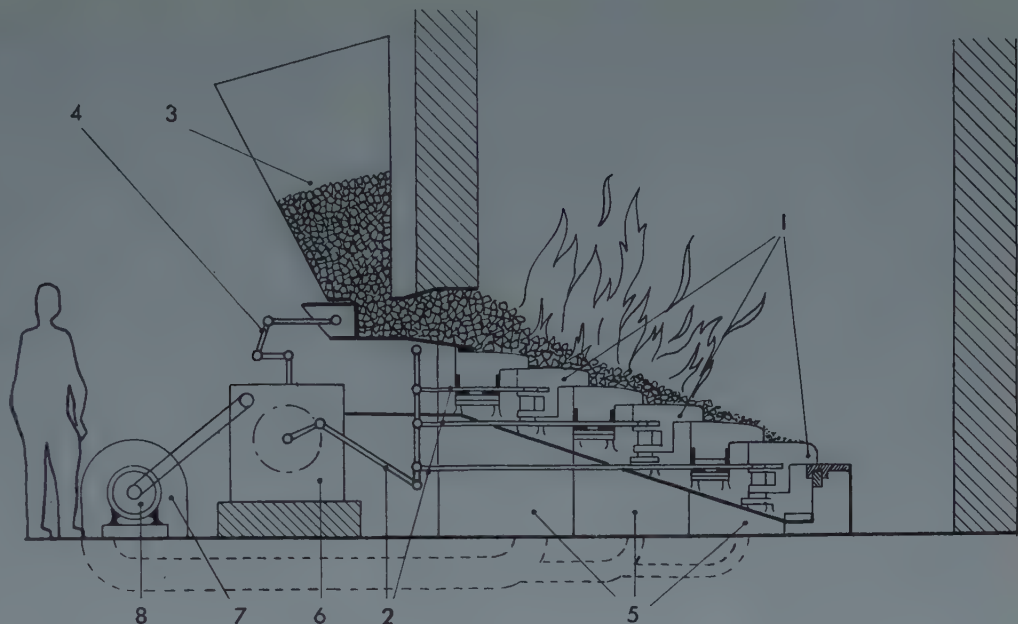


FIG. 9. — Grille inclinée à barreaux mobiles.

L'augmentation de l'écart de température ne peut pratiquement s'obtenir qu'en assurant une circulation rationnelle entre le fluide chauffant et le fluide à chauffer.

L'augmentation de la surface de chauffe est rapidement limitée par l'augmentation de l'encombrement, du poids et du prix de l'échangeur, dont les caractéristiques peuvent devenir disproportionnées avec les résultats obtenus.

Reste l'augmentation du coefficient de convection K : cette augmentation peut s'obtenir en assurant un contact plus intime entre les molécules de gaz et la surface d'échange, c'est-à-dire en augmentant la turbulence, soit à l'aide de chicanes, soit par des changements de section, en un mot par des dispositions judicieuses des surfaces de chauffe.

Toutes ces dispositions conduisent finalement à une augmentation de la vitesse relative des gaz par rapport à la surface d'échange et par suite à une augmentation de la perte de charge de l'échangeur.

Le taux de transmission devient alors fonction de l'énergie disponible pour assurer la circulation et l'évacuation des produits de la combustion.

D'une façon générale, on peut donc conclure que le taux de transmission ira en croissant, selon que la circulation à travers le foyer et l'échangeur sera assurée :

- Soit uniquement par le tirage naturel (cas des chaudières dites à main);
- Soit par un ventilateur et le tirage naturel (cas des chaudières soufflées);
- Soit par un aspirateur (cas des chaudières aspirées);
- Soit enfin et tout à fait exceptionnellement, par la mise sous pression de la chambre de combustion (cas spécial des chaudières soufflées).

Dans ces deux derniers cas, la circulation à travers la totalité de la chaudière n'est plus du tout tributaire du tirage naturel et les taux d'échange peuvent être considérablement augmentés.

Ainsi, à rendement égal, toute augmentation du taux de transmission nécessite une augmentation de la charge, donc de la force motrice, mais permet en contrepartie une réduction de la surface de chauffe.

Entre les appareils à grande surface de chauffe et à faible transmission thermique, c'est-à-dire à circuits peu résistants et les appareils à faible surface de chauffe et à forte transmission thermique, c'est-à-dire à circuits très résistants, il existe une multitude de solutions. On conçoit donc qu'il est possible de déterminer pour chaque type de chaudières, une conjoncture économique entre la surface de chauffe et le taux de transmission, en fonction du prix du combustible, du prix de la surface de chauffe et du prix de l'énergie électrique.

A ce sujet, il est facile de se rendre compte combien peuvent être périmées les clauses des Cahiers des charges qui imposent à des groupes automatiques des taux de transmission au mètre carré de surface de chauffe, comme d'ailleurs des taux de combustion par mètre carré de surface de grille pour des foyers qui bien souvent ne comportent pas de grille.

II. — Automaticité.

La présence d'un foyer dit « automatique » dans un groupe, constitue la condition nécessaire et suffisante pour justifier l'appellation « automatique ».

En fait, l'automaticité est limitée à celle du foyer et ne concerne que l'alimentation simultanée du charbon et de l'air et les variations d'allure, par la mise en route ou l'arrêt d'un ou de plusieurs moteurs électriques.

En dehors du foyer et de la réserve de combustible, il existe néanmoins d'autres éléments d'automaticité, comme le décrassage qui est généralement effectué à main, mais qui peut être semi-mécanique, mécanique ou automatique, le réglage à la combustion qui, au lieu

d'être effectué empiriquement une fois pour toutes, peut être corrigé d'une façon permanente automatiquement.

Tout ce qui d'ailleurs entraîne une réduction des interventions manuelles ou supprime un réglage ou un contrôle, constitue un élément d'automatisme.

Dans cet ordre d'idée, on peut citer le contrôle du niveau d'eau dans les chaudières à vapeur, le contrôle du tirage, le ramonage, etc.

Réserve de combustible. — Les trémies doivent avoir une capacité correspondant au minimum à huit heures de marche à pleine charge, avec les combustibles prévus pour être couramment utilisés.

Cette durée minimum de huit heures est justifiée pour nos régions, par l'allure moyenne pendant une saison de chauffe qui est de l'ordre du tiers de la puissance de l'installation.

La consommation moyenne d'une journée correspond donc approximativement à la consommation de huit heures de marche à pleine charge nécessitant ainsi en moyenne un remplissage par jour.

Il ne faut cependant pas perdre de vue que huit heures est un minimum couramment porté à onze et douze heures par les constructeurs. Cette durée doit d'ailleurs être considérablement augmentée quand il s'agit de foyers à décrassage mécanique, afin d'espacer le plus possible les interventions manuelles.

La main-d'œuvre de chargement peut d'ailleurs être réduite par l'installation de silos ou de transporteurs mécaniques.

Décrassage. — Les foyers sont en général à décrassage à main, par action directe dans le foyer, ou à décrassage semi-mécanique, par action sur un levier.

Dans ce cas, il est indispensable que la capacité en cendres et en mâchefers du foyer soit suffisante pour que la fréquence des décrassages soit du même ordre que celle des chargements. Autrement dit, que le foyer puisse fonctionner à pleine charge sans décrassage pendant huit heures au minimum avec les charbons pour lesquels il a été prévu.

Pour un combustible de même qualité et par conséquent de même composition de cendres, la fréquence des décrassages est fonction de la teneur en cendres et dans une proportion bien moindre, de la teneur en humidité.

La figure 10 donne, à titre indicatif, un graphique montrant que la fréquence des décrassages croît plus vite que la teneur en cendres et varie peu avec l'humidité du combustible.

Lorsque les foyers sont à décrassage mécanique, du type grilles mécaniques, soles tournantes, foyers munis de poussoir de décrassage, etc., la vitesse de décrassage peut être réglée soit empiriquement une fois pour toutes soit mieux, automatiquement, d'une façon permanente afin que le foyer reste toujours semblable à lui-même et assure constamment une combustion optimum.

Le décrassage mécanique ou mieux automatique est un des éléments les plus importants vers lequel les constructeurs doivent orienter tous leurs efforts.

La puissance d'une chaudière ou d'un foyer est précisément limitée par la fréquence des décrassages, c'est-à-dire par sa capacité en mâchefers. Sa puissance et son rendement diminuent sensiblement au fur et à mesure de l'encrassement et la puissance nominale ne peut être que la moyenne des puissances instantanées pendant tout le cycle séparant deux décrassages.

Le décrassage mécanique ou automatique, au contraire, permet d'adopter une puissance nominale très

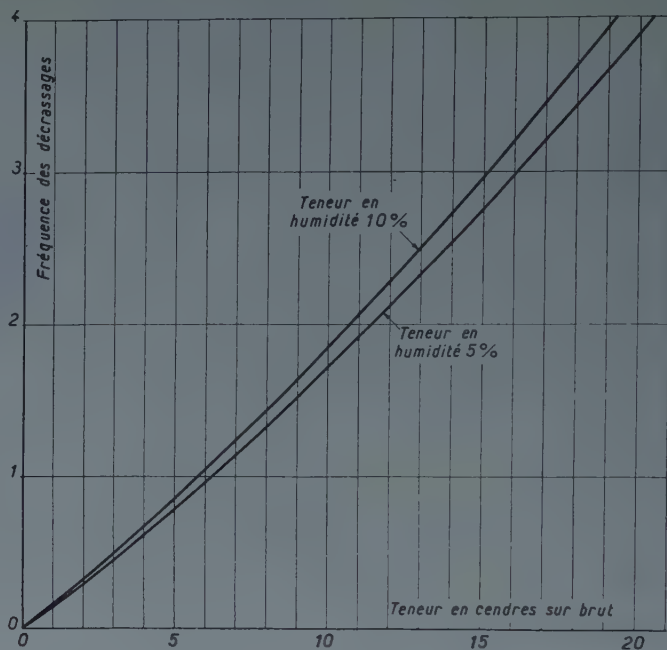


FIG. 10. — Variations de la fréquence des décrassages en fonction de la teneur en cendres et de la teneur en humidité.

voisine de la puissance instantanée maximum et d'utiliser en outre sans inconvénients, des combustibles très cendreaux. Seule la capacité du cendrier doit être prévue en conséquence.

Réglage de la combustion. — Dans la plupart des foyers automatiques, le réglage de la combustion est assuré une fois pour toutes pour un combustible déterminé.

Ce réglage s'effectue dans les foyers mécaniques en proportionnant l'air de combustion au poids du charbon amené dans les foyers et dans les foyers à gravité uniquement par le réglage de l'air de combustion.

Ce procédé donne d'ailleurs d'excellents résultats dans les foyers à décrassage à main, en raison de leur cycle relativement court obligatoirement limité à la durée de fonctionnement entre deux décrassages.

Il n'en est plus de même lorsqu'il s'agit de foyers à décrassage mécanique à équilibre instable et qui finissent toujours, en général, par se dérégler dans un sens ou dans l'autre, c'est-à-dire soit par sous-alimentation en combustible donnant lieu à excès d'air avec encrassement progressif du foyer, soit par suralimentation en combustible donnant lieu non seulement à des imbrûlés gazeux mais aussi au décrassage d'imbrûlés solides.

La régulation automatique de la combustion intimement liée bien souvent aux dispositifs mécaniques d'alimentation en charbon ou de décrassage, peut cependant être réalisée et ceci de deux façons :

1° Le débit de charbon étant maintenu constant, le réglage s'effectue par action sur le débit d'air;

2° Le débit d'air étant maintenu constant, le réglage s'effectue par action sur la circulation du charbon dans le foyer.

Dans les deux cas, la régulation est commandée par un des éléments de la combustion.

Souplesse. — Les besoins thermiques d'un immeuble sont essentiellement variables, car ils sont fonction de la destination de l'immeuble (habitation, bureaux, clinique, etc.), des heures d'occupation, de la température extérieure ou de toute autre contingence.

La souplesse dont dépend le rendement d'utilisation, peut être définie comme étant l'aptitude d'un générateur à assurer des variations rapides et importantes d'allure, de façon à pouvoir suivre d'une façon aussi voisine que possible les besoins thermiques d'une installation.

La souplesse d'une chaudière est fonction non seulement de la masse de combustion en ignition, mais du poids et du volume d'eau de la chaudière, en un mot de la masse thermique du groupe.

On peut admettre qu'une chaudière dont l'allure ne peut être modifiée à une souplesse zéro et que, par contre, une chaudière susceptible de passer instantanément de son allure maximum à une allure zéro et réciproquement, a une souplesse infinie.

Il existe plusieurs formes de souplesse : la souplesse en allure décroissante et la souplesse en allure croissante, elle-même fonction du temps d'arrêt qui a précédé la reprise.

La souplesse joue un rôle d'autant plus important dans les économies de combustible que l'intermittence du chauffage est plus grande et que la capacité thermique de l'immeuble à chauffer est plus faible.

Les figures 11 et 12 donnent des courbes représentant des essais de souplesse et des programmes thermiques réalisés avec des chaudières automatiques.

III. — Fumivorité et hygiène.

Les groupes automatiques doivent assurer une fumivorité totale.

Facile à résoudre avec les combustibles maigres, le problème est plus difficile avec les flambants ou charbons

ESSAI DE SOUPLESSE SUR UNE CHAUDIÈRE AUTOMATIQUE DE 35000 CALORIES
A DÉCRASSAGE AUTOMATIQUE

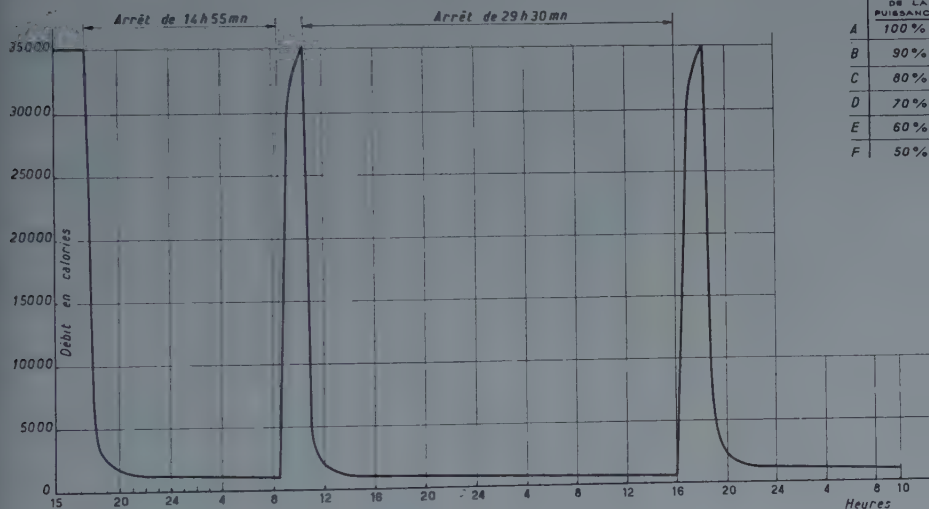


FIG. 11.

DETAIL D'UNE REPRISE

	POURCENTAGE DE LA PUISSANCE	DURÉE DE LA REPRISE
A	100 %	1 h 50 mn
B	90 %	1 h 04 mn
C	80 %	46 mn
D	70 %	34 mn
E	60 %	27 mn
F	50 %	22 mn

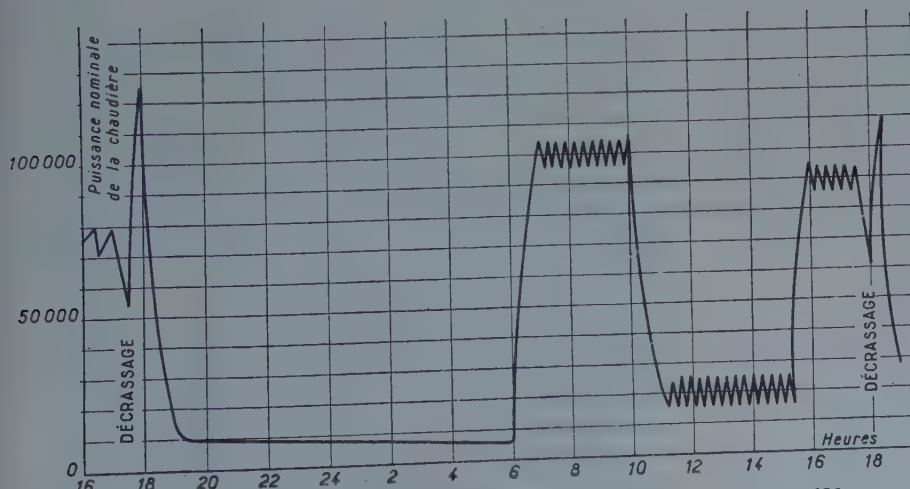
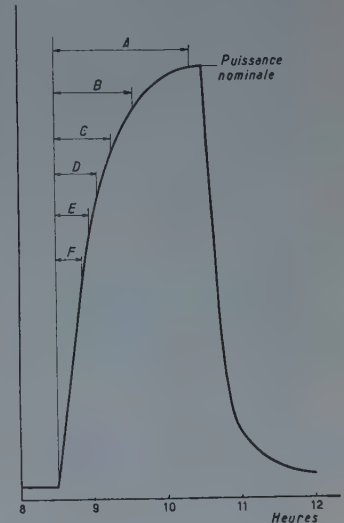


FIG. 12. — Programme thermique réalisé avec une chaudière automatique soufflée.

à haute teneur en matières volatiles, surtout pendant et après la période de décrassage, tout au moins lorsqu'il s'agit de décrassage à main.

La fumivorité est nécessaire mais insuffisante, car au point de vue hygiène, les émissions de gaz nocifs incolores, tel que le CO, sont aussi néfastes que les fumées, sans parler des chutes importantes de rendement qu'elles entraînent lorsqu'il s'agit de gaz combustibles.

Toutes les précautions doivent également être prises contre les émissions de poussières. Dans ce but, les chaudières doivent comporter soit des carnaux suffisamment dimensionnés pour permettre la décantation des poussières, soit des dépoussiéreurs. En tout cas, les combustibles contenant des teneurs élevées en fines 0/2 sont à éviter.

IV. — Construction, poids et durée.

Les chaudières automatiques peuvent être réalisées, soit en fonte pour les petites et moyennes puissances soit, d'une façon générale, en acier soudé à l'arc électrique.

Les surfaces de chauffe sont constituées, soit par des tubes d'eau, soit par des tubes de fumées, soit également, d'une façon courante, par des lames d'eau.

Le principe de construction et les matériaux employés doivent permettre aux chaudières de supporter, sans inconvénient, les variations brusques de température de l'eau de circulation imposées par les régulations automatiques modernes.

Les épaisseurs des tôles, en dehors des capotages et trémies, varient généralement entre 4 et 8 mm, quelquefois 10 mm.

Les épaisseurs doivent être prévues pour assurer un long service qui ne doit pas être inférieur à vingt années, mais aussi pour permettre aux chaudières de supporter les charges de plus en plus élevées par la hauteur des immeubles modernes.

Ces charges sont couramment de l'ordre de 30 à 40 m, justifiant des épreuves hydrauliques de 6 et même 10 hpz.

Le poids des chaudières est fonction, pour une même puissance et un même type, de l'importance de la surface de chauffe, donc du rendement et de l'épaisseur des tôles, donc de la durée.

On peut en conclure que pour deux chaudières de poids identiques et de même type, le rendement et la durée varient en sens inverse.

Toutes les économies de poids, donc de matières, sont à rechercher, à condition toutefois que ce ne soit pas au détriment du rendement et de la durée, comme par exemple celles qui résultent de la réduction des épaisseurs des tôles ou de fonte pour des raisons purement commerciales.

Par contre, les augmentations de poids susceptibles d'entraîner une amélioration des deux éléments ci-dessus, sont à retenir pour autant qu'elles se justifient par un bilan décennal par exemple.

Le tableau ci-après donne à titre indicatif quelques poids moyens aux 1 000 cal utiles.

	PUISSANCE EN CALORIES			
	100 000	250 000	500 000	1 000 000
	kg	kg	kg	kg
Chaudières en fonte équipées avec avant-foyer.....	19 à 21	17 à 19	15 à 17	
Chaudières en fonte équipées avec foyers à vis.....	19 à 21	16 à 18	14 à 16	
Chaudières acier équipées avec foyer à vis.....	11 à 13	9 à 11	8 à 9	7 à 8
Chaudières automatiques..	9 à 12	8 à 10	7 à 8	

V. — Consommation de force motrice.

Tous les foyers, groupes ou chaudières automatiques comportent un ou plusieurs moteurs.

La dépense de force motrice est généralement faible et bien souvent négligeable par rapport à la dépense de combustible.

Le tableau ci-après indique les puissances moyennes installées pour les différents types de foyers ou chaudières.

Les puissances moyennes consommées à la tonne de charbon varient suivant les types de foyers depuis 10 à 20 kW pour les foyers et chaudières soufflées, jusqu'à 15 et 35 kW pour les chaudières aspirées.

A ce sujet, il est intéressant de signaler que toute augmentation de la puissance absorbée, donc de la consommation de force motrice, susceptible d'entraîner une amélioration du rendement, donc une diminution de la consommation de combustible, est pratiquement toujours payante.

PUISSANCE NOMINALE DES MOTEURS

	PUISSANCE NOMINALE EN CALORIES			
	100 000	250 000	500 000	1 000 000
	ch	ch	ch	ch
Foyers à gravité....	0,25	0,30	0,50	
Foyers à vis.....	0,25/0,50	0,50/0,75	1,25/2,5	3/4
Foyers à poussoir...			2	3
Grilles mécaniques...			1/2	2/3
Chaudières automatiques soufflées...	0,25/0,5	0,5/0,75	1,25/2	2/3
Chaudières automatiques aspirées....	0,5/1	1/1,5	2/4	

VI. — Combustibles utilisables.

Il serait souhaitable que les chaudières automatiques puissent utiliser toutes les gammes des combustibles, dans les petits comme dans les moyens calibrages.

Cette exigence est d'autant plus nécessaire que les qualités de charbon mises à la disposition des utilisateurs sont essentiellement variables suivant la conjoncture du moment et suivant les régions.

Tous les efforts des constructeurs sont orientés dans ce sens, mais il faut reconnaître que le problème est difficile à résoudre, étant donné le comportement essentiellement différent au feu des diverses qualités de combustible.

Bien que la chaudière automatique « tous combustibles » ne soit pas encore de pratique courante, abstraction faite des groupes automatiques équipés de grilles mécaniques qui ne sont applicables qu'aux très grosses unités et relèvent plutôt du domaine industriel, il semble que le problème soit près d'être résolu avec des chaudières tout récemment mises sur le marché. Seules cependant la sanction de la pratique et l'épreuve du temps pourront permettre de conclure objectivement.

Il ne faut pas cependant oublier que les chaudières automatiques, en raison de leur qualificatif même, doivent pouvoir être mises entre les mains d'utilisateurs incompetents et que tout changement de qualité du combustible nécessitera toujours l'intervention d'un spécialiste, ce qui complique assez singulièrement le problème.

L'utilisation de toute la gamme des combustibles est d'ailleurs plus une nécessité momentanée que le résultat d'un choix rationnel, car dans une économie normale tous

les combustibles nobles, c'est-à-dire à haute teneur en matières volatiles, devraient être soumis à la distillation, laissant à la combustion en général et aux foyers domestiques en particulier, les maigres et tous les produits issus de la distillation, c'est-à-dire les cokes et semi-cokes beaucoup plus faciles d'ailleurs à manutentionner, à stocker et à utiliser.

Les possibilités d'utilisation d'un combustible dans un appareil dépendent principalement de son calibrage, de sa teneur en matières volatiles et de son pouvoir agglutinant ou indice de gonflement.

En dehors de ces caractéristiques principales qui déterminent si un combustible est ou non utilisable dans un appareil, des caractéristiques secondaires pouvant influencer le rendement et modifier les possibilités d'utilisation sont indispensables à connaître, ce sont :

La teneur en cendre;
La teneur en humidité;
La teneur en soufre.

Les charbons comportant des teneurs en cendres élevées, c'est-à-dire supérieures à 15 %, doivent être considérés, en raison des fréquentes interventions manuelles qu'ils nécessitent et des chutes de rendement et de puissance qui s'ensuivent, comme pratiquement inutilisables dans les foyers n'assurant pas un décrassage mécanique.

Les teneurs en humidité trop élevées, en dehors des inconvénients qu'elles entraînent au point de vue rendement nuisent à la bonne descente du combustible dans la trémie des foyers et peuvent ainsi entraîner des perturbations dans le fonctionnement des appareils.

Les charbons contenant plus de 1,5 à 2 % de soufre doivent être considérés comme inutilisables dans les foyers automatiques. Outre les questions d'hygiène, ils sont en effet susceptibles d'entraîner des détériorations rapides des chaudières et bien souvent des toitures avoisinantes aux cheminées.

Les possibilités d'utilisation des combustibles dans les chaudières automatiques dépendent de leur type de foyer et sont à peu près celles indiquées dans le tableau ci-après :

APPAREILS	COMBUSTIBLES UTILISABLES	OBSERVATIONS
Chaudières fonte ou acier équipées avec foyers du type à gravité. Chaudières automatiques à gravité.	3 à 25 ou 30 mm. Non agglutinants (cokes, semi-cokes, anthracites, anthraciteux maigres, certains quart-gras, certains flambants secs, lignites).	
Chaudières fonte ou acier équipées avec foyers du type à vis ou poussoir.	0 à 30 mm. Agglutinants (flambants secs, lignites).	Le meilleur rendement est obtenu avec les demi-gras et flambants secs. Les gras de 22 à 26 % de matières volatiles sont à éviter.
Chaudières équipées avec grilles mécaniques.	3 à 30 mm. Pratiquement toutes les qualités.	
Chaudières équipées de pelle-teurs.	10 à 25 mm parfaitement dépoussiérés et calibrés. Pratiquement toutes les qualités à l'exception des charbons fortement agglutinants.	

Il convient d'ajouter que la gamme des charbons utilisables dans les foyers à gravité peut, cependant, être étendue à certaines qualités agglutinantes, à condition de prendre certaines dispositions spéciales et de prévoir, soit un alimentateur auto-commandé soit, ce qu'il est possible d'appeler, un solliciteur.

Un solliciteur est un appareil placé dans la descente de combustible qui invite, par un mouvement périodique, le charbon à descendre dans le foyer si le talus n'est pas conforme à ce qu'il doit être, mais ne force en aucun cas l'alimentation si elle est inutile. Il peut être réalisé sous la forme d'un agitateur, d'un pique-feu, d'un vibreur, etc.

L'alimentateur auto-commandé remplit le même office, mais agit positivement. Ses périodes de marche et d'arrêt doivent donc être commandées automatiquement, en fonction de la hauteur du talus de combustible.

La figure 13 montre une application de ce procédé à un foyer Sicram à gravité et à écran d'eau, spécialement étudié pour brûler les flambants. Le dispositif est constitué ici par un alimentateur auto-commandé. Un volet muni d'un contact électrique assure la mise en marche

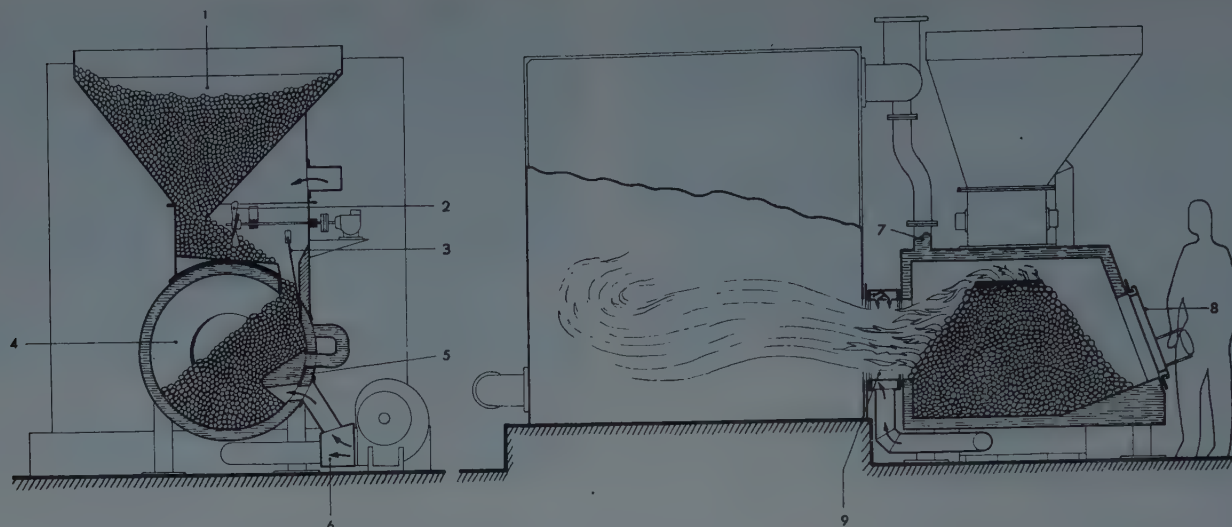
ou l'arrêt de l'alimentateur. Le charbon est introduit dans le foyer par très petites quantités à la fois, ce qui lui permet de distiller rapidement. Perdant ainsi ses qualités d'agglutination, il peut être brûlé ensuite comme un charbon maigre.

Le foyer comporte trois soufflages d'air, un à l'introduction du combustible dans le foyer, un sous l'écran d'eau, un au gueulard du foyer.

VII. — Classification des chaudières automatiques.

Toutes les classifications peuvent être envisagées au point de vue :

- Matériaux de construction, fonte ou acier;
- Des qualités de combustibles utilisables;
- Du système de décrassage;
- Du mode de circulation de l'air et les produits de la combustion (soufflée ou aspirée);



1. Trémie à combustible ;
2. Mécanisme d'alimentation automatique du combustible ;
3. Volet de commande du mécanisme d'alimentation ;

4. Chambre de combustion ;
5. Languette ;
6. Boîte à air ;

7. Arrivée d'eau ;
8. Porte de décrassage ;
9. Gueulard du brûleur.

FIG. 13.

- De la nature de la surface de chauffe ;
- Du mode de construction : sectionné ou monobloc.

Tous ces points ont été suffisamment développés dans ce qui précède. Il est cependant utile de dire quelques mots sur les chaudières sectionnées et les chaudières monoblocs.

Les chaudières sectionnées présentent l'avantage incontestable de faciliter le transport, la descente en chaufferie, le montage.

Par contre, l'étanchéité des chaudières sectionnées est toujours difficile à obtenir et les entrées d'air parasite ont toujours été leur principal défaut.

Cet inconvénient est d'autant plus accentué que le nombre de sections est plus grand. Pour pallier cela, les constructeurs, en dehors des dispositions spéciales prises pour supprimer ces entrées d'air, réduisent au maximum le nombre de sections en les groupant par blocs jusqu'à la limite de poids et d'encombrement compatible avec le transport et la manutention.

Les chaudières monoblocs présentent exactement les qualités et les inconvénients inverses des précédentes.

Les grosses unités notamment entraînent bien souvent des difficultés pour leur descente en chaufferie, mais il faut ajouter que celles-ci ne devraient pas se présenter si les architectes réservaient toujours, comme il se doit, des accès normaux pour l'introduction du matériel dans les immeubles.

Entre les chaudières sectionnées et les chaudières monoblocs, toutes les solutions mixtes peuvent être envisagées.

Il existe notamment des chaudières comportant un foyer monobloc et un échangeur sectionné.

VIII. — Spécification des caractéristiques de fonctionnement des chaudières automatiques.

Les spécifications généralement admises pour les chaudières dites à main n'étant pas applicables aux chaudières automatiques, il est utile d'indiquer les règles admises par le Groupement Syndical pour définir la puissance nominale d'une chaudière automatique, notamment lorsqu'elle comporte un foyer à décrassage à main.

La puissance nominale d'une chaudière automatique est définie comme étant la puissance moyenne obtenue pendant huit heures de fonctionnement sans intermittence, ni décrassage, ni intervention manuelle d'aucune sorte, avec un rendement moyen de X % en utilisant un combustible défini par sa teneur en cendres maximum, son P. C. I. minimum, sa qualité, son calibrage.

La spécification peut être complétée par :

- Les conditions de fonctionnement et de puissance correspondant à d'autres qualités de combustibles ;
- La puissance absorbée à la tonne de charbon ;
- Le tirage nécessaire au pied de la cheminée ;
- La durée de marche en veilleuse sans extinction, etc.

IX. — Description des principaux types de chaudières automatiques.

Chaudières automatiques soufflées.

Rendement : Le rendement moyen pratique généralement admis pour ces chaudières varie de 70 à 80 %.

Chaudière SAPCA (fig. 14 et 15). — De type sectionné par blocs d'éléments; construction acier :



FIG. 14. — Chaudière automatique soufflée SAPCA (coupe).

- | | |
|---|--|
| 1. Trémie de combustible; | 5. Collecteur de départ; |
| 2. Rampe de soufflage d'air secondaire; | 6. Éléments; |
| 3. Electro-ventilateur; | 7. Barreaux de grille et plaque de combustion; |
| 4. Caisson de soufflage d'air primaire; | 8. Boîte à fumées. |



FIG. 15. — Chaudière automatique soufflée SAPCA.

Les éléments sont du type à lames d'eau;
Le foyer du type à gravité et à grille inclinée;
Le décrassage s'effectue à main;
Le calorifugeage est assuré par jaquette;
Combustibles : tous ceux utilisables dans les foyers à gravité.

Chaudière SOCCA (fig. 16, 17 et 18). — Présente d'une façon générale les mêmes caractéristiques que ci-dessus.

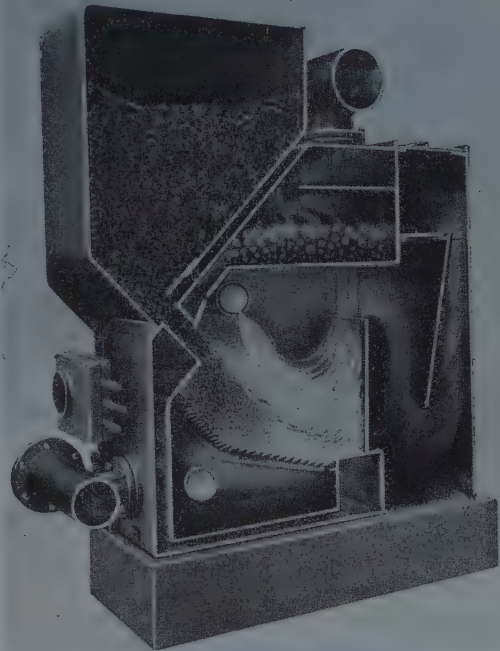


FIG. 16. — Chaudière automatique soufflée SOCCA (coupe).

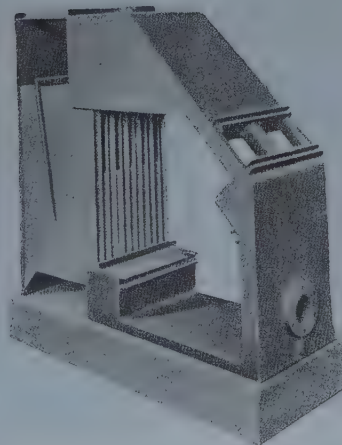


FIG. 17. — Vue perspective d'un bloc d'éléments de chaudières SOCCA.

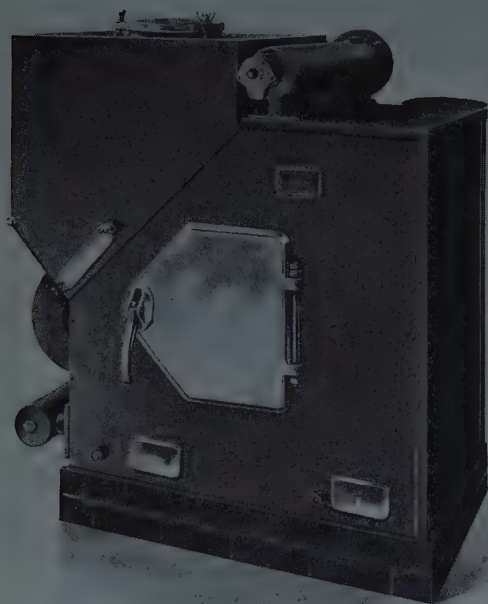


FIG. 18. — Chaudière automatique soufflée SOCCA.

Chaudière « Idéal ». Type AD (fig. 19 et 20).

Du type sectionné par éléments;

Construction fonte;

Le foyer est du type à gravité sur grille inclinée à circulation d'eau;

Décrassage semi-mécanique par action sur un levier actionnant des bras-poussoirs;

Calorifugeage par jaquette;

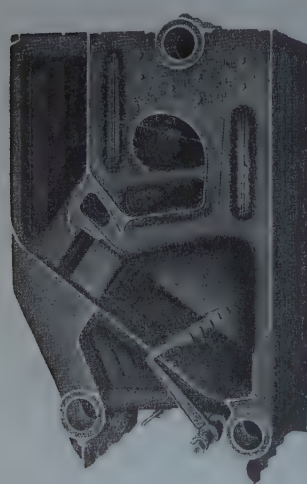


FIG. 19. — Chaudière automatique soufflée Idéal, type AD (coupe).

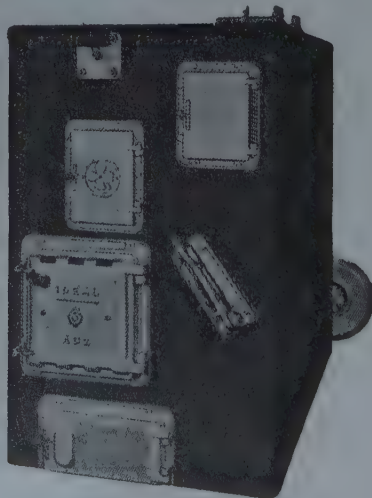


FIG. 20. — Chaudière automatique soufflée Idéal, type AD.

Combustibles : tous ceux utilisables normalement dans les foyers à gravité.

Chaudière SICRAM Type MS Junior (fig. 21).

Du type monobloc;

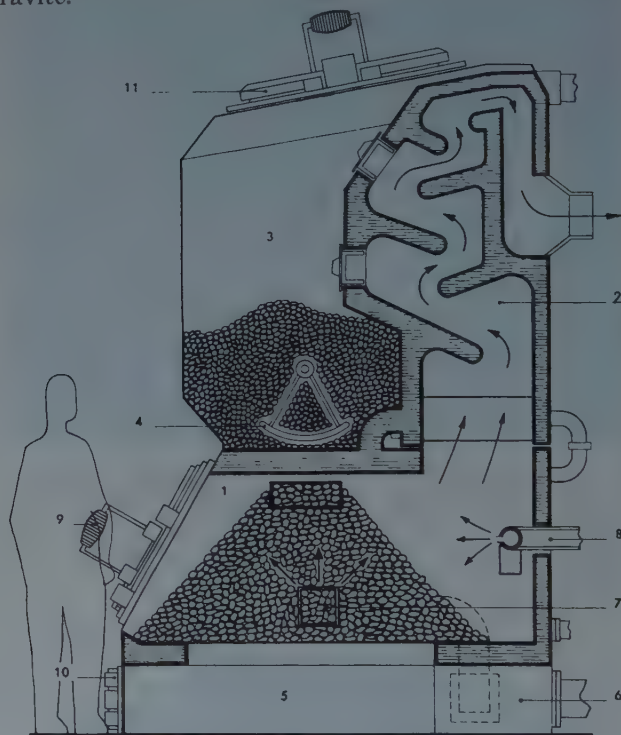
Construction acier;

La surface de chauffe est constituée par des lames d'eau disposées en chicanes;

Le foyer est du type à gravité sur écran d'eau et sur grille;

Le décrassage s'effectue à main;

Combustibles : tous ceux utilisables dans les foyers à gravité.



- | | |
|----------------------------|--|
| 1. Foyer; | 7. Admission d'air primaire; |
| 2. Éléments récupérateurs; | 8. Admission d'air secondaire; |
| 3. Trémie à combustible; | 9. Porte de décrassage; |
| 4. Obturateur; | 10. Porte de cendrier; |
| 5. Cendrier; | 11. Porte de remplissage de la trémie. |
| 6. Boîte à vent; | |

FIG. 21. — Chaudière soufflée SICRAM, type MS Junior.

Chaudière SEGOR. Type CMC (fig. 22 et 23). — Du type monobloc pour le groupe foyer et du type sectionné à lames pour les éléments latéraux;

Construction acier;

Foyer du type à gravité sur l'écran d'eau;

Décrassage semi-mécanique par action sur un levier actionnant des pistons-poussoirs;

Calorifugeage par jaquette;

Combustibles : tous ceux utilisables dans les foyers à gravité;

Particularité : ce type de chaudière comporte une grille pour permettre l'utilisation de combustibles de gros calibre (charbon ou bois) et une chambre spéciale pour l'installation d'un brûleur à huile lourde.

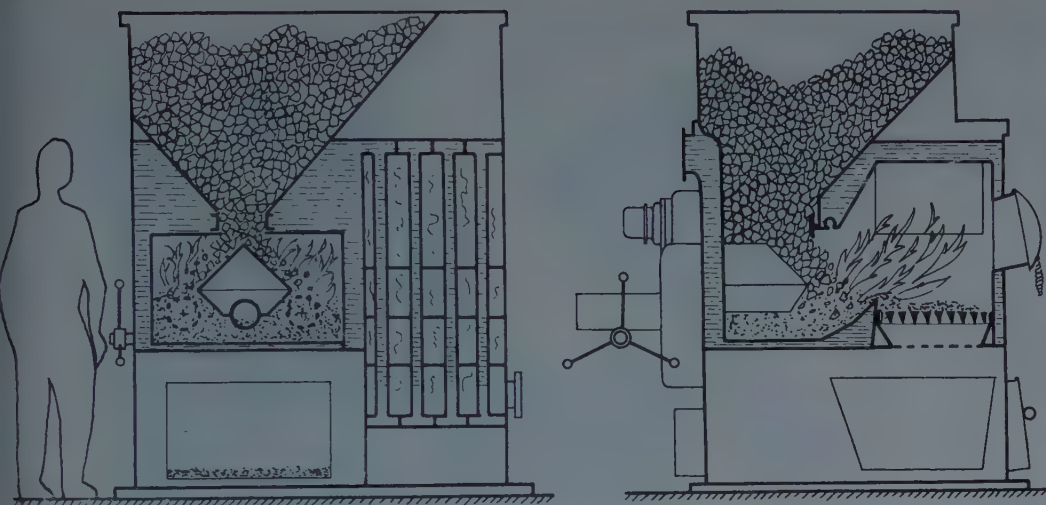


FIG. 22. — Chaudière automatique soufflée type SEGOR, CMC (coupe).



FIG. 23. — Chaudière automatique soufflée type SEGOR, CMC.

Chaudière SEGOR. Type Tropique (fig. 24 et 25).

Du type monobloc.

Construction acier;

La surface de chauffe est constituée par des tubes de fumées à transmission améliorée par lames hélicoïdales placées dans les tubes;

Le foyer est du type à gravité sur grille inclinée;

Le décrassage est semi-mécanique par action sur un levier;

Combustibles : tous ceux utilisables dans les foyers à gravité.

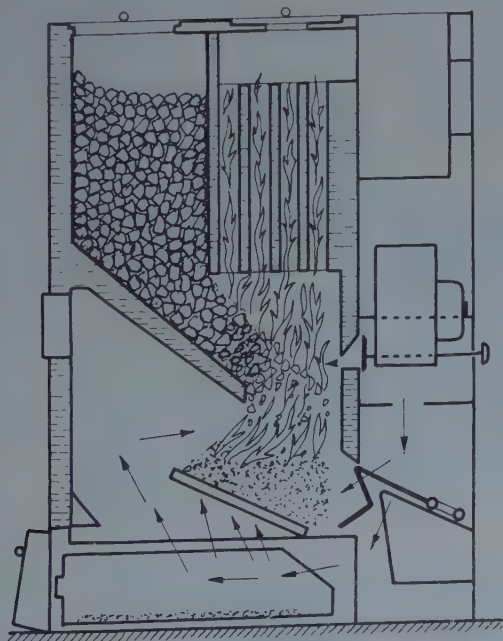


FIG. 24. — Chaudière automatique soufflée SEGOR, type Tropique (coupe).

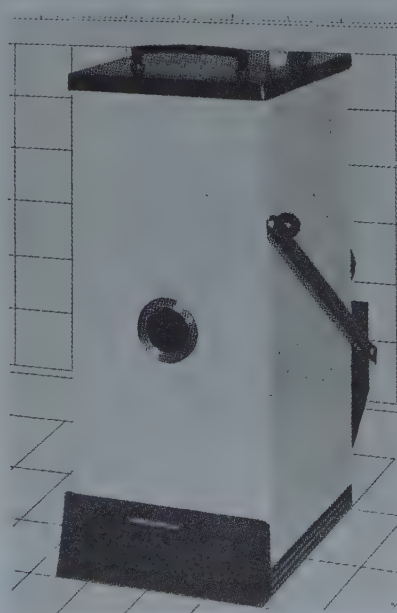


FIG. 25. — Chaudière automatique soufflée SEGOR, type Tropique.

Chaudières automatiques aspirées.

Rendement : Le rendement moyen pratique généralement admis est de l'ordre de 75 à 85 %.

Chaudière à dépression SEGOR (fig. 26 et 27). — Du type monobloc :

Construction acier;

La surface de chauffe est constituée par des tubes de fumées;

Le foyer est du type à gravité sur écran d'eau;

Le dégrassage s'effectue à main;

Le calorifugeage est assuré par un capotage et une circulation d'air entre capotage et chaudière. L'air ainsi réchauffé sert ensuite à la combustion;

Combustibles : tous ceux utilisables dans les foyers à gravité;

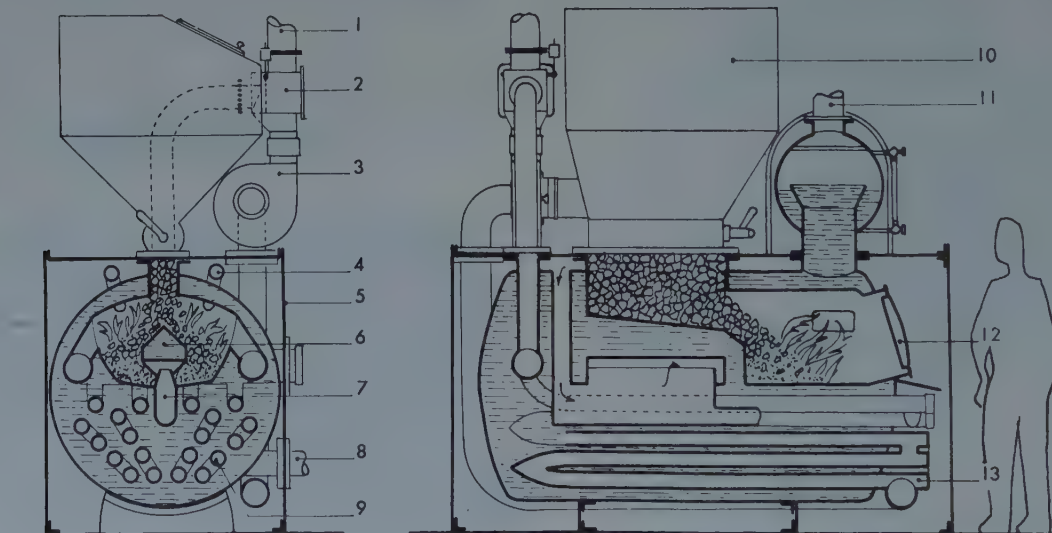
Particularité : ce type de chaudière fonctionne sous une dépression relativement élevée de l'ordre de 150 mm d'eau, permettant ainsi une circulation rapide des produits de la combustion, donc des taux de transmission élevés et des rendements poussés, de l'ordre de 90 % aux essais;

La circulation est absolument rationnelle;

L'aspirateur est complété par un dépoussiéreur. Le ralenti est facilité par un by-pass.



FIG. 27. — Chaudière automatique aspirée SEGOR, type tout acier « à Dépression ».



1. Départ des fumées;
2. Clapet automatique;
3. Aspirateur des fumées;
4. Air secondaire;
5. Jaquette;

6. Écran d'eau;
7. Tuyère;
8. Retour d'eau;
9. Tubes de fumées;

10. Réservoir à charbon;
11. Départ de vapeur;
12. Porte de dégrassage;
13. Ramonage.

FIG. 26. — Chaudière automatique aspirée SEGOR, type tout acier « à Dépression » (coupe).

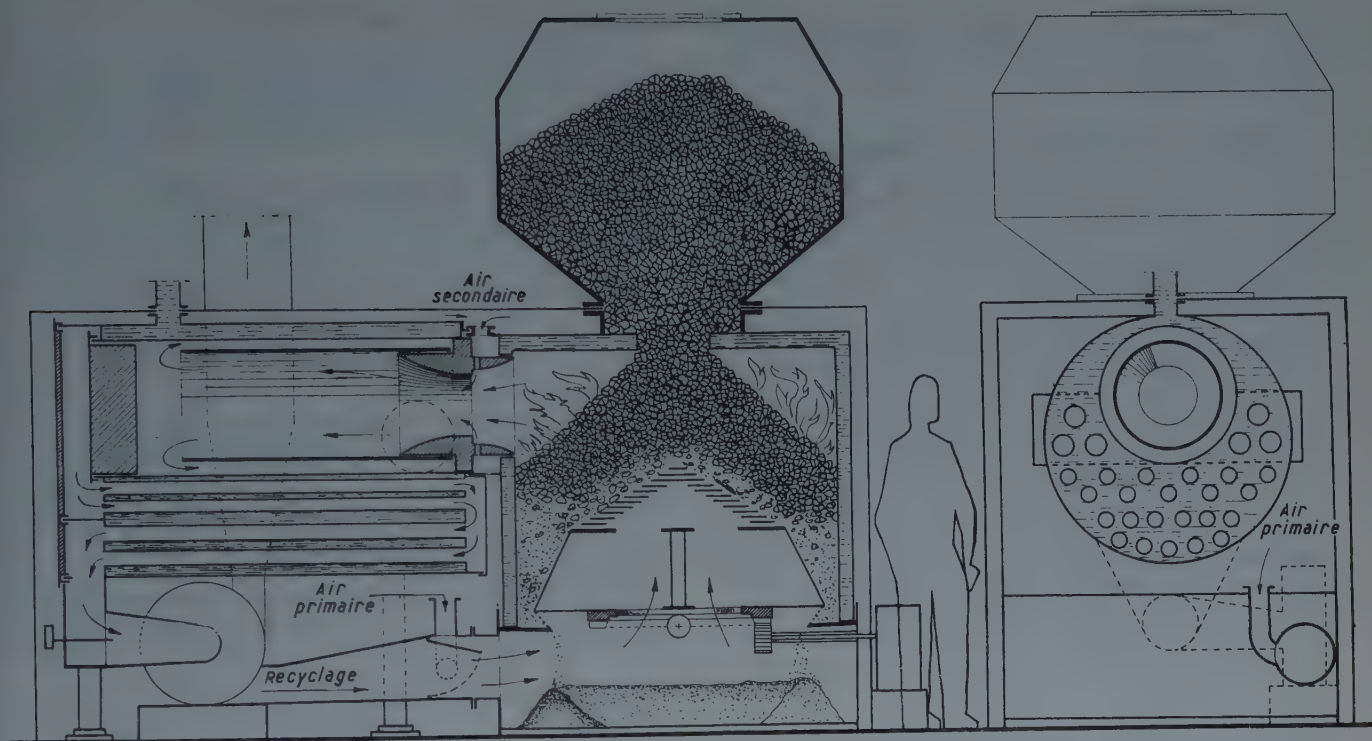


FIG. 28. — Chaudière automatique aspirée SEGOR-PRIMEX.

Chaudière automatique aspirée SEGOR-PRIMEX (fig. 28 et 29). — Du type monobloc ou semi-monobloc, selon la puissance.

Construction acier;

La surface de chauffe est constituée par des tubes de fumées à transmission améliorée par lames hélicoïdes placées dans les tubes et jouant le rôle de ramoneurs;

Le foyer est du type à gravité sur sole tournante;

Le décrassage est mécanique, par rotation de la sole. De plus, il est commandé automatiquement;

Le réglage de la combustion est assuré automatiquement et permet de maintenir un CO^2 et une température des fumées pratiquement constants;

Principe de fonctionnement : dans cette chaudière, type monobloc, aucune entrée d'air parasite ne peut influencer la composition des produits de la combustion. Le CO^2 et la température varient simultanément dans le même sens, en fonction de l'encrassement du foyer et suivant une loi bien déterminée, fonction de la chaudière et du combustible.

Pour maintenir un CO^2 constant choisi à l'avance, il suffit donc de maintenir constante la température correspondante, elle-même solidaire d'un état d'encrassement bien déterminé.

Un pyrostat placé en un point du circuit des fumées commande la rotation de la sole dès que la température baisse de quelques degrés. Le foyer se décrasse et entraîne ainsi une élévation simultanée et progressive de la température et du CO^2 . Le phénomène se poursuit jusqu'à ce que le pyrostat arrête la rotation de la sole, la température désirée étant obtenue.

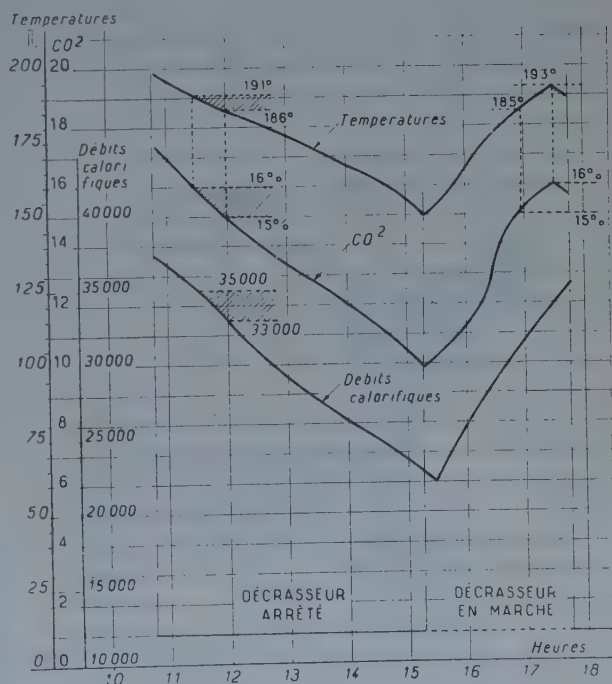


FIG. 29. — Courbe CO^2 température d'une chaudière SEGOR-PRIMEX.

En marche continue, la courbe de température et du CO^2 en fonction du temps, affecte ainsi la forme d'une sinusoïde d'amplitude d'autant plus faible que le pyrostat est plus sensible.

Une autre particularité de cette chaudière est relative à la marche en cendres du foyer, condition nécessaire pour obtenir un talus homogène, donc un décrassage régulier sur toute la périphérie de la sole. A cet effet, l'air primaire est mélangé par recyclage avec une partie des produits de la combustion. Le CO^2 contenu dans ce mélange produit une réaction endothermique sur le combustible en ignition et maintient ainsi le foyer à une température suffisamment basse pour éviter la formation des mâchefer.

Il convient de remarquer que l'autorégulation de la combustion et du décrassage réalisée dans cette chaudière, résulte d'un principe général déjà exposé précédemment et qui est applicable, sous réserve de quelques précautions spéciales, à tous les types de foyers dans lesquels il est possible de maintenir le débit d'air constant et de commander indépendamment la circulation du charbon.

Chaudière aspirée VATC (SERC) (fig. 30). — Du type monobloc, un bloc foyer, un bloc échangeur.

Construction acier;

La surface de chauffe est constituée par des tubes de fumées;

Le foyer est du type à gravité. Dans le cas d'utilisation de combustibles agglutinants, il est complété par un casse-coke (solliciteur) actionné par arbre-manivelle, vérin hydraulique et groupe moto-compresseur à huile. L'ensemble est commandé périodiquement par une horloge;

Le décrassage est mécanique par poussoir à course réglable, actionné par arbre-manivelle, vérin hydraulique et groupe moto-compresseur à huile. Le dispositif est

commandé périodiquement par une horloge, distincte de celle ci-dessus.

Les horloges du casse-coke et du poussoir sont montées en série sur le circuit de l'aspirateur, afin que ces deux organes ne puissent entrer en fonction que si celui-ci est en service.

Combustibles utilisables : toutes les qualités et tous les calibrages entre 0 et 40 mm, sous la seule réserve d'une faible teneur en fines 0 à 3 mm.

Particularités de fonctionnement :

Le réglage de la chaudière s'effectue par action :

- Sur l'air de combustion;
- Sur la course du piston-poussoir;
- Sur la fréquence de mouvement du piston-poussoir;
- Sur la fréquence de mouvement du casse-coke.

La variation de la fréquence de mouvement du casse-coke et du piston-poussoir s'obtient par modification du réglage des horloges correspondantes;

L'indépendance des trois réglages, air, casse-coke, et poussoir, permet tous les réglages possibles et par conséquent, d'adapter le foyer à toutes les qualités de combustibles.

Ces trois réglages sont, en général, effectués une fois pour toutes pour un combustible de qualité déterminée.

Le réglage est empirique et non automatique;

La capacité de la trémie et celle du cendrier permettent normalement un fonctionnement de vingt-quatre heures consécutives, sans intervention manuelle.

La chaudière est munie d'un dépoussiéreur précédant l'aspirateur; du type à dépression, elle permet des taux de transmission élevés et d'excellents rendements.

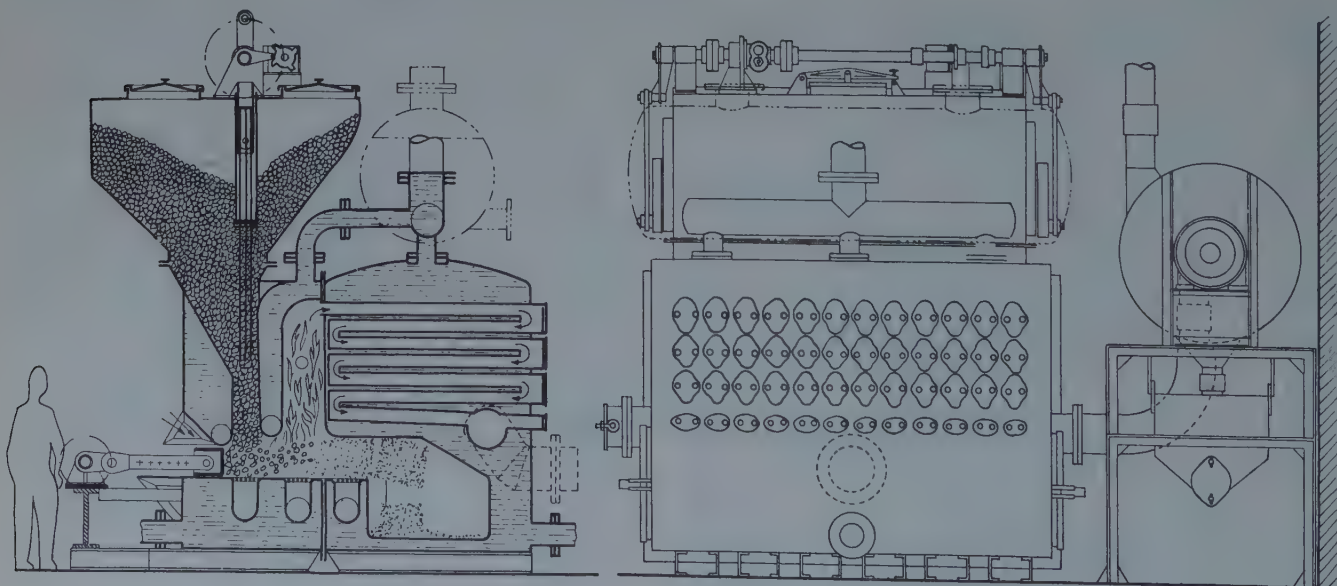


FIG. 30. — Chaudière automatique aspirée SERC, type VATC (Brevet Baillon).

Conclusion.

De tout ce qui précède, il faut retenir les progrès considérables réalisés en une vingtaine d'années dans le domaine des foyers et chaudières automatiques, mais aussi tout le chemin qu'il reste à parcourir pour atteindre la perfection.

Dans l'état actuel de la technique, les foyers et chaudières automatiques, en un mot le chauffage automatique, présente un intérêt considérable et doit retenir l'attention de tout le grand public et de tous les techniciens chargés d'assurer le chauffage des locaux.

Il permet en effet :

— L'utilisation d'une gamme étendue de combustibles locaux ou nationaux;

— Une réduction importante de la consommation de combustible, alors que d'une façon générale les importations sont nécessaires pour compléter l'extraction nationale, notamment dans les qualités utilisées en chauffage domestique;

— Une réduction importante des budgets de chauffage devenus trop lourds et insupportables pour la majorité des utilisateurs. Cette réduction, de l'ordre de 20 %, peut atteindre dans certains cas 30 et 40 % des budgets actuels.

Le chauffage automatique n'a cependant pas pris en France la place qu'il mérite. Un certain article 38 de la loi de 1948 sur les loyers, rédigé dans un but plus ou moins démagogique de défense des locataires, en est le responsable.

Tous les spécialistes connaissent bien cet article par lequel les locataires ne doivent supporter exclusivement que la charge des produits consommables, de l'entretien courant et de la main-d'œuvre, à l'exclusion de toute participation, sous forme d'amortissements, d'intérêts ou autres, à la dépense d'installation d'un matériel moderne, même si celui-ci entraîne une réduction massive du budget de chauffage. Le propriétaire doit ainsi faire bénéficier intégralement le locataire de toutes les économies réalisées et doit garder pour lui toutes les immobilisations permettant précisément de réaliser ces économies.

Le résultat obtenu est évidemment tout le contraire du but recherché. Les budgets de chauffage ont pris des proportions inquiétantes, en absolue conformité d'ailleurs avec la loi qui pourrait se résumer ainsi :

« Qu'importent les dépenses de combustible et d'entretien qui sont à charge des locataires, pourvu que la chaudière, à charge exclusive du propriétaire, ne coûte pas cher! »

Jusqu'à ce jour, les plus hautes personnalités du monde technique n'ont pas encore réussi, malgré tous leurs efforts, à faire modifier cette loi.

CONCLUSION DU PRÉSIDENT

LE PRÉSIDENT. — Je remercie M. RABET de sa conférence si intéressante et si documentée. A mon sens, c'est certainement la meilleure propagande pour les combustibles solides. Je crois que c'est dans cette voie qu'il faut que les Houillères — dont je vois un représentant éminent — s'engagent résolument si elles veulent arriver à favoriser la vente de leurs produits, car l'automatisme est un avantage tellement important en pratique que c'est certainement une des raisons pour lesquelles s'est développé l'emploi des combustibles liquides.

Par ailleurs, certains aspects des avantages de cette automatisme ne sont pas chiffrables matériellement et ne peuvent pas intervenir dans une comparaison comme celle que M. GIBLIN nous a faite car de plus en plus les problèmes de main-d'œuvre se compliquent et les usagers tiennent à avoir le maximum de confort et le minimum de soucis.

En ce qui concerne la législation que nous déplorons, je suis surpris que les efforts des différents organismes intéressés n'aient pas réussi à la faire modifier. Je pense que les Houillères doivent avoir leur mot à dire et devraient obtenir satisfaction assez rapidement.

Néanmoins, M. CHARMELOT pourra certainement préciser de quel ministère dépend la décision ? De l'Énergie peut-être ?

M. CHARMELOT. — Du M. R. U. et nous nous sommes toujours heurtés à un mur. M. RABET connaît tous nos efforts à ce sujet depuis plusieurs années. Nous avons fait des propositions d'amendement à cette loi, nous n'avons jamais rien obtenu pour des raisons un peu fallacieuses. On a été jusqu'à nous dire : si l'on fait quelque chose pour les chaudières, il faudra faire quelque chose pour les ascenseurs, les tapis, etc. Enfin, jusqu'à présent nous nous sommes heurtés à un obstacle insurmontable, ce qui ne veut pas dire que nous ayons cessé nos efforts.

Nous nous sommes mis en relations avec d'autres organismes, nous essayons de mener une action conjointe

avec tout ce qui peut être intéressé à la modification de cette loi et je dois dire que, jusqu'à présent, nous ne sommes arrivés à aucun résultat.

LE PRÉSIDENT. — Ce sont des incohérences telles qu'on s'étonne de les voir survivre.

M. RABET. — C'est une loi qui a été faite pour défendre les locataires et qui s'est retournée contre eux.

M. CHARMELOT. — Je me permettrai une suggestion. Peut-être que, comme tous les Congrès, celui-ci fera un vœu. Nous savons tous combien ces vœux peuvent rester platoniques, mais ce serait encore un coup de marteau supplémentaire sur le clou que nous cherchons à enfoncer.

M. FICHARD. — Je ne cherche pas à me faire le défenseur du M. R. U., mais je crois savoir que les services et le ministre, l'ancien je ne connais pas le nouveau, étaient tout à fait acquis à l'idée ici défendue. C'est un problème purement politique. Le ministre est évidemment l'esclave d'une position délicate. Tout le monde sait cela.

M. ZANIROLI. — J'ai développé un peu cette question à l'Association des Ingénieurs. Jusqu'ici il y a deux blocs en présence : le bloc propriétaires qui veut tirer la couverture à lui ; le bloc locataires qui en fait autant.

Dans une bonne solution il faudrait que l'avantage soit partagé en deux, d'une part pour le propriétaire, d'autre part pour les locataires. Il n'y a que par cette voie que l'on arrivera à tourner la loi. Si on veut laisser les deux blocs en présence on n'arrivera à aucun résultat.

M. RABET. — Tout le monde est d'accord sur ce point.

LE PRÉSIDENT. — Nous en reparlerons quand nous reprendrons la discussion après la conférence de M. MAUBOUCHÉ.

Merci encore, M. RABET, votre conférence était extrêmement intéressante.

NOUVEAUX GÉNÉRATEURS A GRAND TAUX D'ÉCHANGE ET A FAIBLE VOLUME

Par H. MAUBOUCHÉ,

Chef des Services mécaniques, thermiques, électriques à la Société d'études F. A. C. T. S. Fluor.

LE PRÉSIDENT. — Je n'ai pas à vous présenter M. MAUBOUCHÉ, Ingénieur de l'École Supérieure d'Électricité, puisqu'il est bien connu des techniciens en chauffage et ventilation par ses travaux et ses interventions lors des discussions concernant la réglementation de l'eau chaude sous pression et à haute température. Je me souviens qu'il y a deux ans vous avez même échangé différentes idées à ce sujet avec votre camarade, M. MARILLIER.

M. MAUBOUCHÉ est également un spécialiste des nouveaux générateurs à grand taux d'échange et à faible volume.

Les utilisateurs demandent, en effet, aux générateurs une souplesse de plus en plus grande et des rendements accrus, ainsi que le précisait M. RABET, ce qui impose aux constructeurs de diminuer les masses et les volumes.

M. MAUBOUCHÉ s'est attaché à la résolution de ce problème et veut bien nous faire profiter de ses connaissances sur cette question de première importance. D'ailleurs, il a une expérience étendue de notre métier, puisqu'entre autres activités, il participe à un Bureau d'études qui, suivant une formule en honneur en Amérique, réunit des ingénieurs et des architectes.

Le titre de cette conférence n'étant pas très précis, nous dirons simplement que nous essaierons de vous donner quelques idées sur des générateurs très nouveaux qui peuvent paraître, dans certains cas, un peu hybrides, un peu hors des normes courantes.

Nous rappellerons rapidement les caractéristiques principales des générateurs de vapeur anciens et celles des générateurs plus modernes et ensuite nous parlerons de ces générateurs monobloc spéciaux dont les caractéristiques sont d'être livrés complets, d'être de poids et d'encombrement faibles, d'être entièrement automatiques et presque sans inertie.

Ces générateurs modernes, généralement à vapeur, semblent répondre à des besoins industriels spéciaux et n'avoir pas tout à fait leur place dans les Journées internationales du Chauffage qui sont plutôt consacrées au chauffage de locaux. Toutefois, l'emploi de vapeur à haute pression et l'emploi d'eau surchauffée fait que les générateurs du type industriel sont parfois utilisés pour le chauffage et que les deux problèmes se touchent d'assez près, de sorte que rien ne s'oppose à l'emploi de ces générateurs spéciaux pour certains problèmes de chauffage.

Autrement dit, nous vous apporterons quelque documentation sur quelque chose qui sort un peu des règles courantes.

Sans faire un historique détaillé et inutile, nous rappellerons tout d'abord que les premières chaudières ressemblaient assez à des marmites munies de leur couvercle, ce qui était assez normal. Mais on s'est aperçu bien vite que les formes cylindriques ou sphériques étaient les mieux disposées pour résister à la pression.

Les plus anciennes unités comprenaient un ou plusieurs corps cylindriques dont le prototype est la chaudière dite à bouilleurs. Pour atteindre des surfaces et par suite des puissances suffisantes, ces générateurs atteignaient des dimensions considérables.

Le poids d'eau que contenaient ces générateurs atteignait parfois dix à vingt fois ou plus le poids de vapeur produit à l'heure.

C'est ainsi, à titre d'exemple, qu'une chaudière du type à bouilleurs, capable de produire 500 kg de vapeur à l'heure correspondant à 25 ou 30 ch pouvait dépasser 5 m de long et peser plus de 15 t en ordre de marche. Sa mise en pression demandait trois à quatre heures, au moins.

On avait, avec ces anciennes chaudières, l'avantage d'une grande inertie thermique qui compensait les variations notables de puissance dues à la chauffe manuelle. En revanche, on n'avait que peu de moyens de suivre les variations de demande de vapeur et ces variations coûtaient fort cher.

Enfin, et surtout les grandes dimensions conduisaient à des efforts considérables dans les assemblages et les masses d'eau sous pression rendaient les accidents particulièrement redoutables.

Certaines de ces chaudières, ou plutôt leurs dérivées plus modernes, sous forme de chaudières à bouilleurs, à tube de fumée, à foyer intérieur existent encore et rendent toujours des services.

Mais les générateurs plus modernes, utilisent, le plus possible, les tubes d'eau et ont des contenances en eau beaucoup plus faibles correspondant au maximum à deux, trois heures de production et parfois trois ou quatre fois moins. Elles sont plus souples, elles utilisent mieux les surfaces de chauffe et produisent, par exemple, de 25 à 30 kg de vapeur par mètre carré de surface de chauffe au lieu de 10 ou 12 comme les anciennes chaudières.

La production de chaleur dans les chambres de combustion est de l'ordre de 300 à 500 000 cal/m³ de foyer et par heure. On peut ranger dans cette catégorie de chaudières modernes toutes les unités les plus courantes, telles que Field, classiques ou améliorées jusqu'aux plus

grandes avec tous les noms connus, tels que Roser, Stirling, Niclausse, Babcock, etc.

A titre de comparaison, on peut considérer pour les puissances qui nous intéressent aujourd'hui l'exemple suivant comme correspondant à des moyennes classiques :

Surface de chauffe.....	60 m ²
Dimensions : 5 m × 5 m × 2 m.....	50 m ³
Puissance correspondante (environ).....	100 ch
Production de vapeur (environ 900 000 cal).....	1 500 kg/h
Poids d'eau.....	3 500 kg
Poids de la chaudière.....	9 000 kg
Au total, en ordre de marche.....	12 500 kg

Ces nombres ne correspondent à aucune chaudière particulière, ce sont des ordres de grandeurs d'une chaudière actuellement courante pour cette puissance.

En même temps que se développaient et se perfectionnaient ces types de générateurs, certains chercheurs tentaient d'en réduire le poids et les dimensions. Les principes et les directions des recherches sont connus depuis longtemps. En accroissant les vitesses des gaz pour augmenter les taux d'échanges on accroît effectivement les échanges mais on les accroît moins vite que les vitesses et par suite en accroît plus vite les pertes. L'échange, approximativement, est proportionnel à la puissance 0,75 de vitesse, mais les pertes de charges ou le tirage nécessaire croissent au moins deux fois plus vite.

En diminuant le diamètre des tubes d'eau servant de surface d'échange on accroît la surface d'échange logeable au mètre cube, ce qui permet de diminuer les encombrements de chaudières en raison inverse du diamètre des tubes. On accroît en même temps la division des gaz, ce qui permet de diminuer les encombrements de chaudières en raison inverse du diamètre des tubes. On accroît en même temps la division des gaz, ce qui permet d'augmenter l'efficacité des surfaces.

L'idée d'utiliser des petits diamètres est ancienne et on peut noter qu'il y a plus de cinquante ans, des unités formées de petits tubes de petits diamètres existaient déjà.

Nous ne citerons pas toutes les tentatives ou réussites partielles de générateurs de dimensions réduites, en particulier sur des voitures automobiles; nous nous souvenons seulement avoir circulé personnellement avant 1914, et un peu après, sur un camion à vapeur du type Purrey fonctionnant au charbon et dont la chaudière était à côté du conducteur, elle était petite et formée de tout petits tubes. Ces camions rendaient des services et auraient pu en rendre pendant des dizaines d'années.

Depuis cette époque, de toutes petites chaudières à vapeur ont été réalisées. Certains constructeurs allemands ainsi que des constructeurs français, ont songé il y a une quinzaine d'années environ, à équiper des moteurs d'avions avec des chaudières à vapeur en utilisant un combustible quelconque.

En même temps que la réduction de l'encombrement, des surfaces de chauffe et celles des volumes d'eau, on cherchait à diminuer le volume des chambres de combustion, dans le but de réduire l'encombrement total. Toutes les solutions envisagées conduisent à des taux d'échange et à des températures telles, que les caractéristiques des matériaux à employer deviennent difficiles à obtenir.

Ceci explique que des essais faits il y a longtemps n'ont pas eu de suite, ni de solutions, car on ne disposait pas des matériaux dont on dispose maintenant. Plus exacte-

ment les progrès actuels de la métallurgie et l'emploi d'aciers spéciaux ont permis de pousser plus loin les essais anciens et d'obtenir des résultats qui ne pouvaient être envisagés il y a vingt ou trente ans.

Les progrès dans la réalisation de la combustion et les études sur les taux d'échanges ont permis des réalisations nouvelles, avec des chaudières d'encombrement très faible, avec des réductions des chambres de combustion et des taux d'échange élevés.

Quelle est l'utilité de ces chaudières ? Cette question a été posée; nous n'irons pas jusqu'à adopter l'opinion ironique d'une des personnalités les plus autorisées à parler de chaudières à vapeur, et qui dit dans son cours : « Les chaudières à faible volume ont comme principal intérêt la rédaction d'articles sensationnels. »

Le développement permanent de ce type de chaudières, les recherches poursuivies, prouvent bien leur utilité.

Le premier type de réalisation commerciale que l'on trouve en France et couramment aux États-Unis, est le bloc générateur complet. Des constructeurs ont compris qu'il était intéressant de fournir aux clients un bloc complet, comprenant tous les accessoires depuis la pompe alimentaire, les clapets, les soupapes, le brûleur à mazout. Car, en général, pour ces groupes automatiques, le mazout est utilisé. Il ne reste qu'à raccorder l'arrivée d'eau et de mazout, les départs d'eau chaude ou de vapeur.

Le réalisateur n'a pas à résoudre tous les problèmes de détails d'aménagement et d'automatisme qui sont, généralement, mieux résolus par le spécialiste réalisant l'ensemble que par quelqu'un qui achète ces accessoires où il les trouve, accessoires qui ont par suite des origines diverses.

Ces ensembles correspondent à des puissances de 30 à 300 ch, par exemple, ils peuvent être livrés et mis en place rapidement en un bloc complet entièrement automatique.

Si nous voulons comparer les caractéristiques de ces genres de blocs à celles que nous avons données tout à l'heure à titre d'exemple, on peut dire qu'un type construit en France sous le nom de Steam Block (fig. 1 et 2), a pour le modèle de 100 ch, un poids d'environ 2 500 kg d'eau au lieu de 3 500 kg.

Un poids total de 10 t au lieu de 12,5 t;

un encombrement hors tout, de l'ordre de 25 m³ au lieu de 50; ces derniers correspondant à l'encombrement de l'ensemble et non de la chaudière seule.

Ces générateurs n'apportent pas en général de solution révolutionnaire, mais appliquent dans chaque détail, combustion, échange et automatisme, les dernières notions ou perfectionnements.

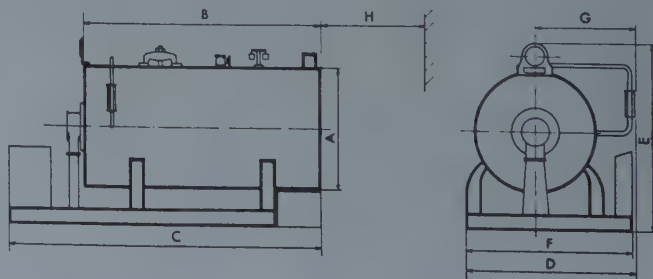


FIG. 1.

L'explication des lettres est donnée dans le tableau ci-contre.

CARACTÉRISTIQUES ET DIMENSIONS

Caractéristiques.....	Type	40	60	90	120	150	180	200	230	300
Puissance	kg/h	400	600	900	1 200	1 500	1 800	2 000	2 300	3 000
	St Pds	1 040	1 560	2 340	3 120	3 900	4 700	5 200	6 000	7 800
	Calories	256 000	384 000	576 000	770 000	962 000	1 150 000	1 280 000	1 470 000	1 920 000
	B. T. U.	1 000 000	1 500 000	2 300 000	3 100 000	3 850 000	4 600 000	5 150 000	5 900 000	7 700 000
	Chevaux vapeur.....	ch	30	45	70	90	115	150	175	225
Diamètre du corps cylindrique	A mm	1 550	1 550	1 750	1 750	1 950	1 950	2 150	2 150	2 640
Longueur du corps cylindrique	B mm	2 465	2 815	3 265	3 315	3 765	4 015	4 015	4 015	4 015
Longueur hors tout.....	C mm	3 465	3 815	4 265	4 415	4 865	5 215	5 215	5 215	5 215
Largeur hors tout.....	D mm	2 000	2 000	2 200	2 200	2 400	2 400	2 600	2 600	3 100
Hauteur hors tout.....	E mm	2 500	2 500	2 700	2 750	2 950	3 000	3 200	3 200	3 750
Largeur du socle.....	F mm	1 930	1 930	2 130	2 130	2 330	2 330	2 530	2 530	3 000
Niveau d'eau.....	G mm	1 200	1 200	1 300	1 300	1 400	1 400	1 500	1 500	1 800
Dégagement minimum...	H mm	1 800	2 100	2 500	2 500	2 800	3 000	3 000	3 000	3 000
Diamètre départ vapeur.....	mm	50	60	60	80	80	100	100	100	125
Diamètre arrivée d'eau.....	mm	25	25	25	35	35	35	35	35	40
Diamètre injecteur.....	mm	20	25	25	25	35	35	35	35	40
Diamètre arrivée mazout....	Inches	3/4"	3/4"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	2"
Section cheminée.....	dm²	5	8	10	13	15	17	18	21	28
Capacité corps cylindrique...	litres	1 500	1 700	2 700	2 600	3 700	3 800	4 600	4 400	6 600
Poids net.....	kg	5 000	5 500	7 500	8 000	9 500	10 500	12 500	13 000	16 000

Ils se présentent généralement sous la forme extérieure d'un cylindre horizontal monté sur une plate-forme

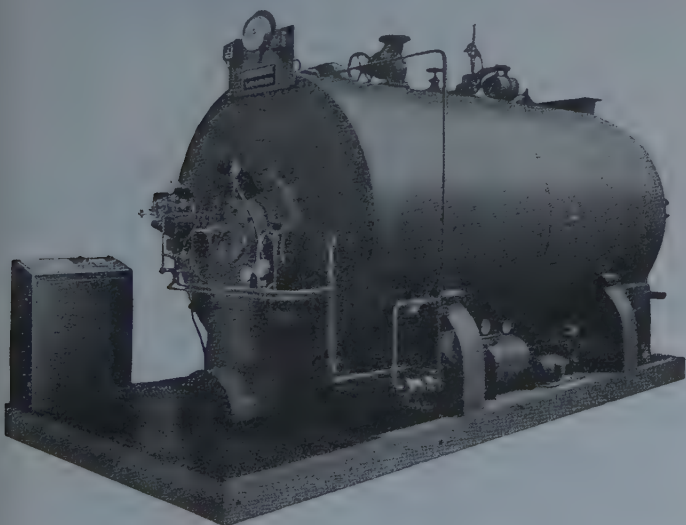


FIG. 2. — Générateur Steam-Block.

avec tous les accessoires de maçonnerie et de soubassement.

D'autres constructeurs ont poussé les recherches vers la diminution des volumes d'eau en réduisant le plus possible le corps de chauffe à des tubes et en éliminant les grands volumes d'eau. Les tubes entourant la chambre de combustion réduisent l'emploi des réfractaires et reprennent, au fond, la forme ancienne des chaudières à foyer intérieur en utilisant au mieux le rayonnement du foyer.

Ces générateurs utilisent aussi des surfaces indirectes pour épuiser les calories des fumées et sortir les fumées à une température assez basse. Ils n'utilisent donc pas uniquement le rayonnement, cette dénomination n'est pas très exacte, en valeur absolue mais elle est une explication de leur conception. Les taux de combustion, par mètre cube de chambre de combustion sont assez élevés ainsi que les taux d'échange en mètre carré de surface de chauffe. Les volumes d'eau de ces chaudières, presque uniquement tubulaires, sont faibles. Ils permettent des variations rapides de puissance.

Ces chaudières sont bien adaptées à l'automatisme.

Dans cette catégorie peuvent être classées certaines fabrications françaises dont quelques-unes sont employées en chauffage, d'autres en type industriel. On nous excusera de ne citer, à titre d'exemple, que la Bouëllat et la

récente, bien connue, Babcock SFF, mais il y en a beaucoup d'autres.

L'emploi de volumes d'eau de plus en plus réduits a conduit à des précautions particulières concernant la circulation d'eau dans les tubes et en particulier, pour avoir les taux d'échange élevés de ces tubes il faut être certain que l'eau circule bien dans ces derniers. On a donc été conduit à employer des pompes de circulation pour assurer la circulation mécanique dans les tubes et ne plus la laisser à la liberté du thermo-siphon intérieur, phénomène qui se passe dans une chaudière ordinaire.

Certains générateurs, comportant des pompes de circulation, se rapprochent donc beaucoup des chaudières précédentes à tubes, avec ceci de particulier qu'il y a des pompes de circulation dans les circuits des faisceaux intérieurs ce qui permet des échanges très intenses, les débits d'eau dans chaque tube étant indépendants de ces échanges. A cette catégorie se rattachent différentes chaudières : la chaudière Sulzer, la chaudière Lamont, qui sont des chaudières industrielles pures.

D'autres ont des caractéristiques particulières et nous citerons dans cette série : la chaudière Velox d'un type très spécial, utilisant l'énergie des fumées sortant des foyers pour alimenter un turbo-compresseur qui envoie l'air sous pression dans la chambre de combustion. La pression dans cette chambre est de 2 à 3 kg/cm² ce qui permet d'accélérer les vitesses des gaz et les taux d'échange amenant ainsi la réduction du volume de la chambre de combustion. Les vitesses des gaz sont très élevées dans les tubes, elles atteignent 250 m/s. Ceci augmente considérablement le taux d'échange et la production de vapeur atteint 500 à 600 kg/m². La combustion a lieu sous pression, est complète et conduit à des puissances de l'ordre de 8 millions de calories par mètre cube et par heure.

C'est une unité très spéciale qui entre dans le cadre de ces chaudières qui sortent d'énormes puissances sous un faible volume. Les unités Vélox sont couramment utilisées dans les centrales électriques en particulier en Suisse, en France, dans la marine.

La nécessité de placer des générateurs sur du matériel roulant a été une des raisons pour lesquelles on a recherché encore des générateurs de plus faible encombrement ayant la possibilité d'être mis en pression très rapidement. On a donc été conduit ainsi à de nouvelles réalisations. Ces nouvelles réalisations sont connues aux États-Unis sous le nom de Flash Boilers. Cela exprime assez bien la rapidité de leur mise en pression ou les variations que l'on peut leur demander.

Le type correspondant à ce genre de chaudière, actuellement construit en France, est la chaudière Brola, dont il existe actuellement des réalisations donnant toute satisfaction à leurs usagers.

Les premières recherches ayant conduit au générateur Brola actuel ont été faites sur un modèle déjà ancien, qui date de dix à quinze ans, mais, dans ce modèle ancien, les conditions de combustion correcte n'avaient pas été réalisées aisément et l'absence de matériaux spéciaux n'avait pas permis de réalisation pratique.

Nous avons eu personnellement l'occasion de faire des essais à peu près analogues à ceux poursuivis par M. BROLA sur des chaudières de recherche, ces chaudières étant issues des brevets anciens Vuia. Les performances que nous avons pu réaliser étaient les suivantes :

Pour une chaudière de 1 m² de surface de chauffe, la puissance sortante était de 100 000 cal, le rendement

voisin de 90 % l'encombrement 0,50 m × 0,40 m ; la chambre de combustion, pour 100 000 cal était inférieure à 2 dm³, soit une production de plus de 500 millions de calories au mètre cube. Cette chaudière se mettait en service environ en 30 s. Elle a fonctionné au gaz, puis au mazout, mais à ce moment-là nous n'avions pas la possibilité d'avoir du mazout et nos recherches ont été abandonnées.

Mais M. BROLA a continué et après beaucoup d'études personnelles, de recherches et de mises au point, la chaudière Brola réalise maintenant des performances remarquables (fig. 3). La chambre de combustion du générateur Brola actuel (fig. 4) est issue des études faites sur les turbo-réacteurs et elle est entièrement métallique, en acier réfractaire spécial. L'arrivée d'air a lieu autour de l'injection de carburant, à travers une chambre de combustion réfractaire et cette arrivée d'air est étagée par des ouvertures ménagées dans cette chambre, assurant donc à la fois une combustion progressive et le refroidissement de ces pièces métalliques.

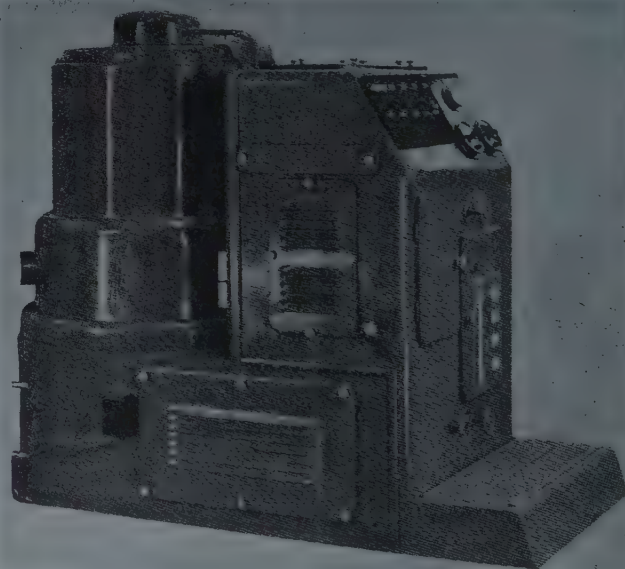


FIG. 3. — Générateur Brola.

Le taux de la combustion dans la chambre est de l'ordre de 6 à 8 millions de calories au mètre cube. Les surfaces de chauffe, sont constituées par des faisceaux de tubes d'eau munis d'ailettes, des tubes droits entourant complètement la chambre de combustion.

Les gaz chauds circulent longitudinalement à très grande vitesse, de l'ordre de 60 m/s. L'air de combustion est soufflé par un compresseur. Il entoure pratiquement le générateur avant son entrée dans la chambre de combustion et évite ainsi l'utilité d'une jaquette calorifuge. Le taux d'échange calorifique atteint 40 à 80 000 cal/m² de surface de chauffe.

Une pompe alimentaire assure un débit d'eau correspondant à la demande de vapeur, grâce à une commande électrique automatique commandée par le niveau d'eau de la chaudière. Une deuxième pompe assure une circulation très intense dans les parties centrales.

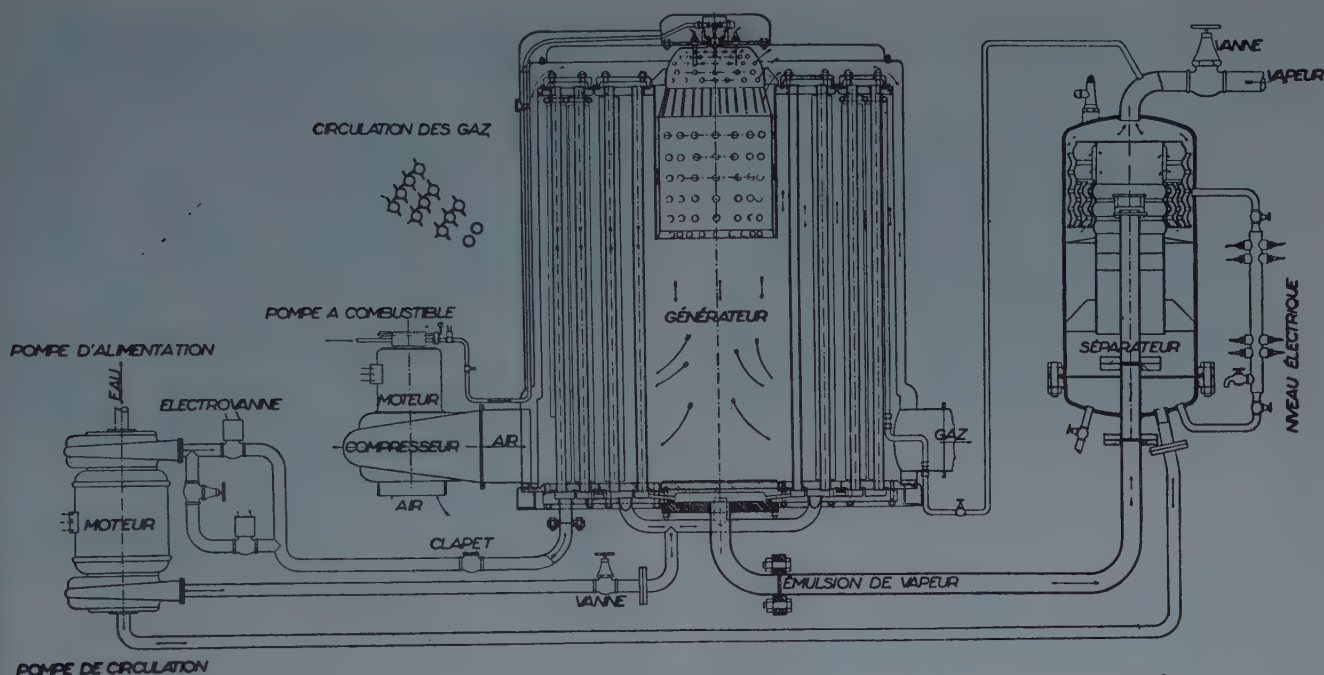


FIG. 4. — Schéma de principe du générateur Brola. (Cliché de l'A. I. C. V. F.)

Cette chaudière est donc une chaudière à circulation forcée. La deuxième pompe maintient une circulation très importante dans les tubes centraux et assure un débit permanent dans chaque tube, ce débit étant très supérieur au débit total de la chaudière. Il est de sept à huit fois le débit de production de vapeur, par conséquent on est certain que dans les tubes centraux il y a toujours un débit suffisant.

On voit sur le schéma de la figure 4, le principe de la circulation d'eau et en particulier le ballon séparateur d'eau et de vapeur, d'où part la vapeur produite. Ce ballon alimente la pompe assurant la circulation d'eau intérieure de la chaudière. Il porte les niveaux d'eau et leurs relais électriques commandant la pompe d'alimentation.

La tête de combustion spéciale (fig. 5) en acier réfractaire comprend principalement une chemise ajourée. L'air introduit en même temps que le mazout assure l'allumage, mais l'air distribué par la chemise réfractaire continue la combustion. Celle-ci s'achève grâce à l'air qui, ayant circulé à l'extérieur de la chemise, en assure le refroidissement. Une partie de cet air, formant excès d'air, forme un écran relativement froid à l'entrée des tubes chauffés.

Le faisceau tubulaire est composé de deux blocs (fig. 6) ayant une culasse commune à une extrémité et des culasses séparées à l'autre (fig. 7), ce qui permet les dilatations.

Les tubes sont munis d'ailettes formant chicanes longitudinales, assurant la circulation des gaz.

Un tableau général réunit les commandes automatiques et les voyants lumineux correspondants. L'ensemble de ce tableau de régulation est très facilement amovible pour vérification ou entretien.

Le niveau d'eau commande la pompe alimentaire et tout l'ensemble est entièrement automatique et comporte tous les accessoires de sécurité, pyrostat, manomètres, contrôle des températures, départ de fumée.

Le mélange de l'eau et de la vapeur sortant de la chaudière s'en va dans un séparateur spécial servant au départ de la vapeur et où le niveau d'eau est maintenu constant, l'eau en excédent étant reprise pour la circulation.

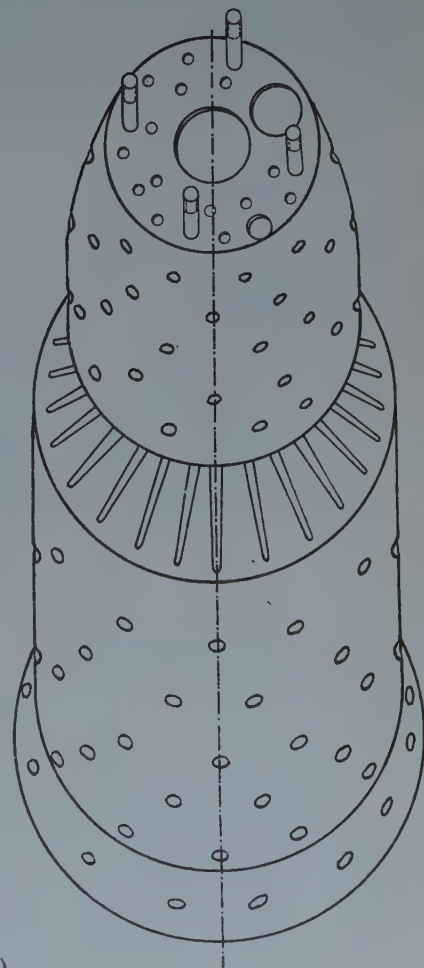


FIG. 5. — Chambre de combustion. (Cliché de l'A. I. C. V. F.)

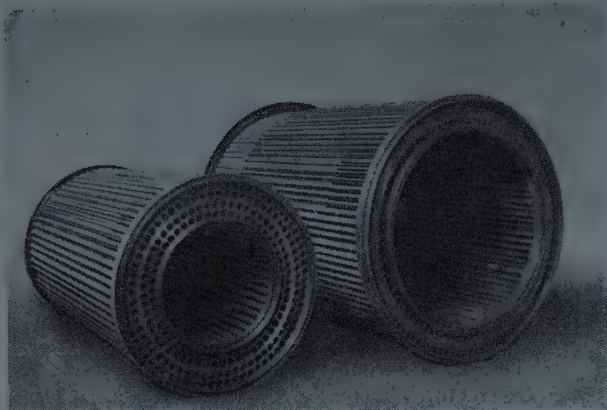


FIG. 6. — Faisceaux tubulaires.



FIG. 7. — Jeu de culasses pour faisceau.

(Clichés de l'A. I. C. V. F.)

Ces générateurs sont construits à l'échelle industrielle pour l'eau chaude, l'eau surchauffée ou la vapeur, pour des pressions standard et des débits normaux de 200 kg à 10 t de vapeur à l'heure (fig. 8). Si nous prenons la comparaison avec l'exemple qui a été cité en premier, un modèle qui sera capable de produire 1 500 kg de vapeur à l'heure, utilise une surface de chauffe de l'ordre de 20 m² et un encombrement total de moins de 10 m³, tous accessoires compris. Son volume d'eau très faible lui

permet des mises en pression en quelques minutes. Sa combustion est assez étudiée et lui permet l'emploi des fuels oils lourds (généralement n° 2). La température des fumées est relativement basse, et son rendement est de l'ordre de 90 % aux essais.

L'air de combustion étant soufflé et les fumées sortant sous pression, il n'est pas nécessaire de construire une cheminée; par conséquent, un simple conduit d'échappement est suffisant.

Le faible volume d'eau réduit les risques d'explosion puisque le volume caractéristique, volume \times pression, est très faible et permet l'installation de générateurs atteignant 2 000 kg/h en troisième catégorie, c'est-à-dire dans des locaux courants, ateliers, sans précautions particulières.

La société distributrice des générateurs Brola vendait autrefois, en France, les générateurs Clayton, qui sont des générateurs américains plus anciens, répondant aux mêmes besoins (fig. 9).

Ce générateur est d'un principe assez simple (fig. 10).

Un cylindre garni de réfractaire à l'intérieur est muni à sa base d'un brûleur à mazout ou à gaz produisant une

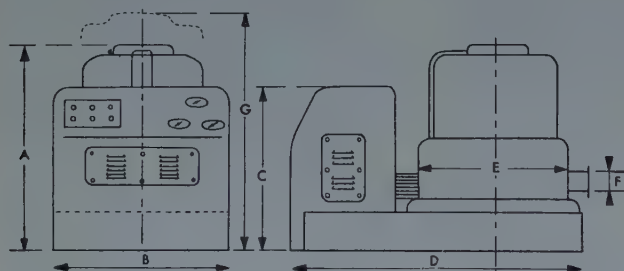


FIG. 8. — Générateur Brola.

L'explication des lettres est donnée dans le tableau ci-dessous.

CARACTÉRISTIQUES ET DIMENSIONS

TYPES vapeur	DÉBIT normal	DÉBIT poussé	CONSOM- MATION horaire	PRESSION standard	A	B	C	D	E	F	G	PUIS- SANCE électrique absorbée	CATÉ- GORIE de classe- ment
	kg/h	kg/h	kg	hpz	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kW	
VHA. 1	200	400	32	8	1 300	1 290	1 300	1 980	1 200	160	1 875	2,7	3
VHA. 2	400	600	46	8	1 600	1 290	1 300	1 980	1 200	200	2 475	3,8	3
VHA. 3	600	800	64	8	1 900	1 290	1 300	1 980	1 200	240	3 075	3,7	3
VHB. 1	800	1 200	96	12	1 740	1 600	1 750	2 650	1 500	290	2 315	8,1	3
VHB. 2	1 200	1 600	120	12	2 140	1 600	1 750	2 650	1 500	320	3 115	7,7	3
VHB. 3	1 600	2 000	162	12	2 540	1 600	1 750	2 650	1 500	380	3 915	9,2	3



FIG. 9. — Générateur Clayton.

flamme verticale. La partie supérieure de la chambre est garnie d'un serpentín formé d'un seul tube enroulé

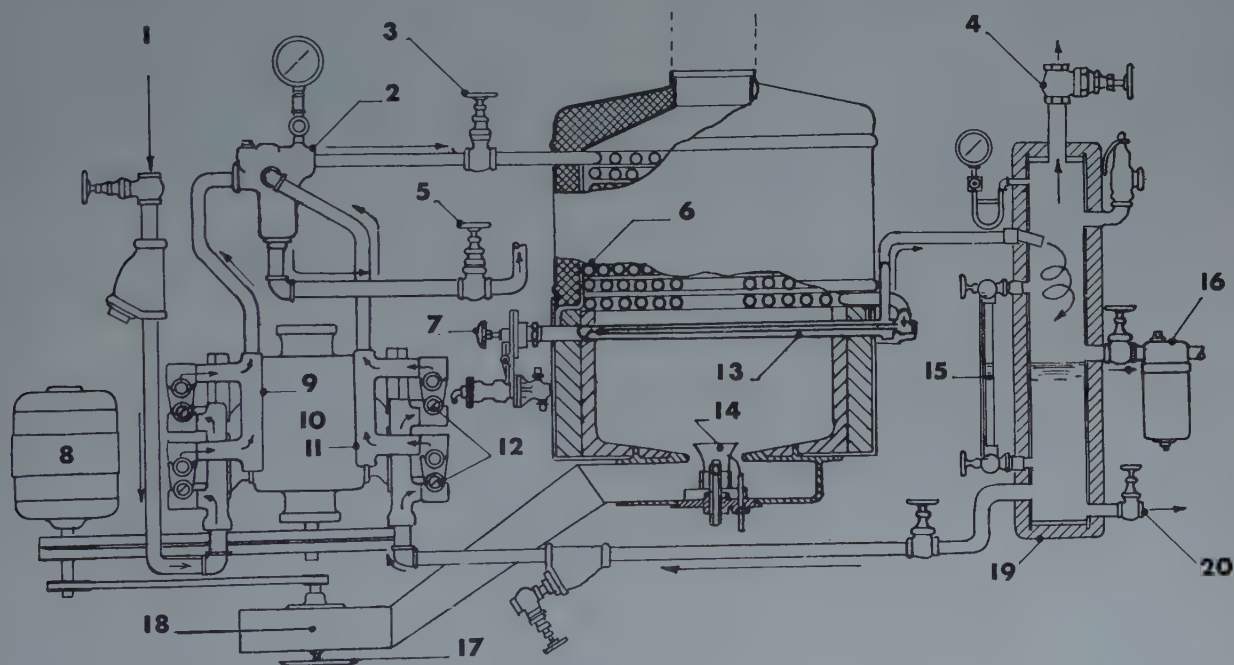
en plusieurs spires concentriques. Les fumées sortent à la partie supérieure; une pompe assure l'alimentation, une autre la circulation de l'eau. Le mélange de ces deux alimentations entre à la partie la moins chauffée du serpentín. L'autre extrémité du serpentín débouche dans une chambre de détente servant de séparateur et comportant le niveau d'eau et le départ de vapeur; l'eau en excès est recirculée sur la totalité de la chaudière. Un seul moteur entraîne le tout, lequel commande les pompes de circulation.

Le principe même en est donc très simple. Au départ des fumées la température est relativement élevée. Le rendement est de l'ordre de 80 %.

L'ensemble de cette chaudière, le type 100 ch, entièrement automatique, est muni d'un seul moteur de 5 ch. Il a un encombrement ne dépassant pas 5 m³, celui de la chambre de combustion est inférieur à 1 m³.

Un modèle plus récent est celui de la firme américaine Clarkson (fig. 11), il comprend un serpentín mono-tubulaire vertical.

Le brûleur à mazout est placé à la partie supérieure et reçoit l'air de combustion distribué à travers un cône de combustion perforé et ayant servi au refroidissement de la partie supérieure de la chambre qui est en acier réfractaire. Le débit total de la pompe d'alimentation est à chaque instant commandé par la pression et supérieur d'environ 20 % à la production de vapeur. Le mélange eau et vapeur passe dans un séparateur d'où l'eau en



1. Vanne d'entrée d'eau d'alimentation;
2. Chambre de mélange;
3. Vanne d'entrée au serpentín;
4. Vanne d'évacuation de la vapeur;

5. Vanne de purge;
6. Serpentín de chauffage;
7. Vanne du thermostat;
8. Moteur;
9. Eau d'alimentation;
10. Pompe;

11. Recirculation;
12. Robinets de purge;
13. Tube du thermostat;
14. Gicleur du brûleur;
15. Tube de niveau;
16. Purgeur;

17. Réglage;
18. Ventilateur;
19. Accumulateur de vapeur;
20. Vanne de vidange.

FIG. 10.

excès retourne à la bache d'alimentation après avoir cédé sa chaleur à l'eau entrant grâce à un échangeur à surface. Les débits d'air et de mazout sont commandés à chaque instant par les débits d'eau grâce à un servomoteur spécial. Les organes de contrôle et de sécurité nécessaires assurent un fonctionnement entièrement automatique.

Le générateur Clarkson est livrable en monobloc pour des puissances allant de 18 à 450 ch. Notons le modèle de 100 ch, que nous pouvons comparer avec le précédent : il a 1 m de haut, un encombrement de 3 m³ environ; il pèse 1 t et peut produire 1 500 kg de vapeur à l'heure, et à cette fin contient environ 100 kg d'eau. Rendement, 80 %; moteur de 5 ch pour cette puissance et ce dernier peut être un moteur à essence. Autrement dit, le groupe peut être entièrement autonome. La consommation électrique totale est inférieure à 300 W par 100 kg de vapeur produite, cette consommation comprenant tout l'appareillage électrique. Nous donnons ci-après le tableau des essais d'un générateur Clarkson.

ESSAIS D'UN GÉNÉRATEUR CLARKSON

Puissance nominale.....	2 500 lb/h	1 134 kg/h
Surface de chauffe.....	171 sq. ft.	15,9 m ²
Durée de l'essai.....	8 hours	8 h
Durée de mise en pression.	2 minutes	

Combustible :	{ Soufre. 0,33 Carbone 86,32 Hydrogène. 13,21 Diesel oil { O et N..... 0,14	PC _s 19 539 Btu/livre 10 830 kcal/kg
---------------	--	--

Température eau d'alimen- tation.....	60 °F	15,6 °C
Température vapeur.....	418 °F	214,4 °C
Température air du labo- ratoire.....	82 °F	27,8 °C
Température fumées.....	443 °F	228,3 °C

Pression vapeur sortant....	278 psi-g	19,55 kg/cm ²
— — générateur	285 —	20,04 —
— mazout à la pompe	154 —	10,83 —
— au bec brûleur...	45 —	3,16 —
— air au bec brûleur.	72 —	5,06 —

Analyse gaz de fumées :

CO² = 10,71 O² = 5,76 CO = 0,00

Consommation mazout...	192 lb/h	87 kg/h
Production vapeur.....	2 683 —	1 217 —

Eau entraînée retenue par le sépa- rateur	3,3 %
Production spécifique.....	14 lb vapeur/lb mazout 14 kg vapeur/1 kg mazout
Humidité vapeur sortant.....	0,18 %

BILAN

PC _s du combustible.....	19 539 Btu/lb	10 830 kcal/kg
Chaleur fournie à la vapeur.	16 399 Btu	4 133 kcal

Pertes : Chaleur sensible.....	8,92 %
Chaleur latente de l'eau produite à la combustion. /.....	7,47 %
Imbrûlés gazeux et rayonnement.	0,32 %

Rendement sur PC _s	84 %
Rendement sur PC _i	90,8 %

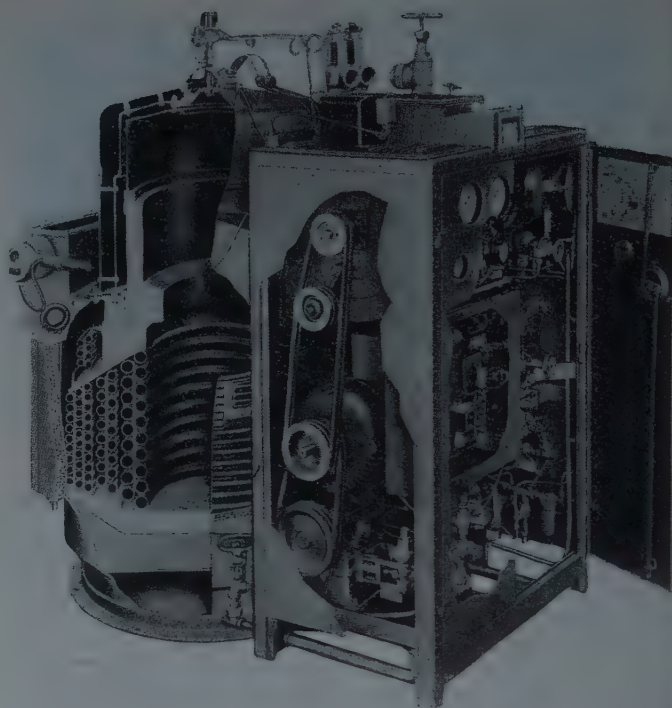


FIG. 11. — Générateur Clarkson.

De tels générateurs, légers, à haut rendement, monoblocs, ont évidemment des applications multiples et en particulier pour tous les emplois à poste mobile : automotrices, bateaux, grues mobiles, cabestans, partout où on a besoin de variations brusques de puissances : blanchisserie, teinturerie, industries laitières, du caoutchouc, des matières plastiques, papeteries, etc. Cette liste n'est pas limitative.

Nous pensons qu'il est utile de connaître au moins leur existence, sinon leurs caractéristiques détaillées, parce que nous avons tous besoin de pouvoir en envisager l'emploi chaque fois que les circonstances le rendent particulièrement intéressant.

Il nous faut également citer un générateur purement chauffage qui est un peu différent des précédents. C'est le générateur Jet-Heet que construit en Amérique la firme Crane assez connue en France, mais ces générateurs ne sont pas vendables actuellement en France.

Ce générateur de chauffage (fig. 12) se présente sous une forme assez curieuse. Ses dimensions sont de 1,10 m × 0,60 m × 0,60 m; sa puissance normale est de 14 000 cal, en pointe 17 500. Ce générateur (fig. 13) utilise le gaz ou le mazout, il procure de l'air chaud, il est monobloc et tous ses accessoires sont intérieurs. Il a ceci de particulier, c'est qu'il utilise de l'air perdu, c'est-à-dire qu'il prend de l'air dans la salle où se trouve le brûleur qui, généralement, se trouve dans une salle d'habitation (ou au besoin dans la cave). Une partie de cet air passe à travers un filtre et sert à la combustion mais une autre partie est dirigée vers les pièces à chauffer par des tubes spéciaux qui sont en aussi grande quantité qu'il est nécessaire pour le nombre de pièces alimentées.

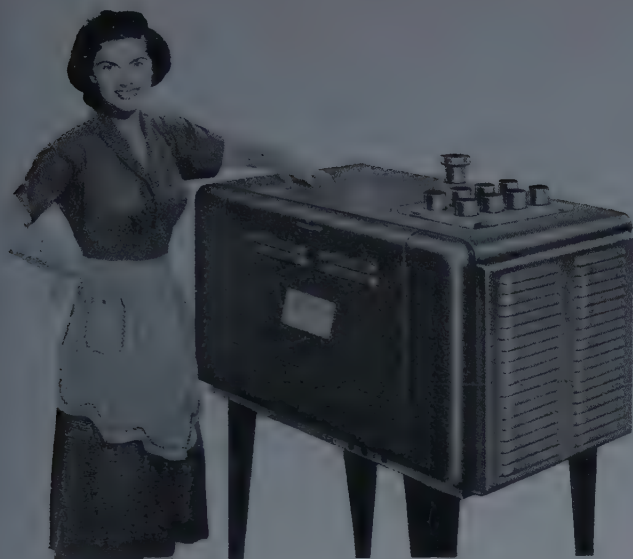
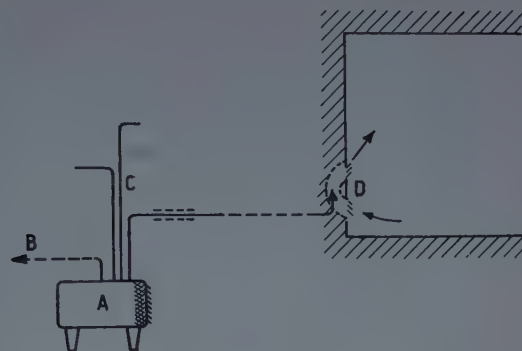


FIG. 12. — Générateur Jet-Heet.

On voit sur les figures 12 et 13, le bloc comprenant le brûleur et l'échangeur. Les fumées sortent sous pression, par un tube qui a à peu près 75 mm de diamètre, prolongé par un tube métallique flexible qui les conduit dehors. Il n'y a de ce fait pas besoin de cheminée.

L'ensemble comprend aussi un humidificateur destiné à humidifier l'air soufflé. Cet air, très chaud, quitte le générateur par des tubes métalliques flexibles de 50 mm de diamètre, entourés de laine de verre et protégés par une enveloppe en matière plastique. Ces tubes, très souples, sont livrés avec le générateur et l'installateur n'a qu'à les poser à travers les planchers. Les constructions américaines étant souvent en bois, l'installation en est aisée.



- A. Générateur avec son filtre à air;
- B. Départ de fumées (tube de 3 pouces soit 75 mm);
- C. Départ d'air chaud (100 à 140° C);
- D. Injecteur d'air dans une pièce.

FIG. 13.

La température de l'air est variable mais peut être de l'ordre de 140° au maximum; mais il n'est pas soufflé directement dans les pièces : on utilise un mélangeur spécial qui est en somme un injecteur à air, auquel est due la circulation d'air dans la pièce. La pression et la vitesse de l'air sont telles que, par ces buses spéciales l'air de la pièce est aspiré par ce mélangeur et refoulé. On ne souffle pas dans la pièce de l'air à 140°, l'air distribué est à la température habituelle pour chauffage à air chaud. L'air de la chaudière ajoute simplement sa chaleur et son poids à l'air ambiant.

Cette chaudière fonctionne à air perdu mais cela ne paraît pas très grave puisque le rapport des poids : « air très chaud/air de la pièce » est assez grand. Ce débit d'air peut être de l'ordre habituel, assurant un renouvellement horaire par exemple.

Ce type de générateur est très récent et nous avons lieu de penser que, bien que cela sorte un peu du cadre de notre conférence, il était peut-être intéressant de vous communiquer ce que nous avons pu apprendre sur lui.

DISCUSSION

M. BERNARD. — Le but de mon intervention est simplement de signaler que, contrairement à une opinion généralement répandue, il y a des chaudières automatiques à combustible solide qui peuvent brûler des calibres supérieurs à 30 mm. Quand je dis « des »... il y a une chaudière hollandaise Amaf-Emma qui brûle les cokes de 30 à 100 mm. Cette chaudière n'est pas encore construite en France, mais on peut se la procurer, on peut l'importer. Il m'a semblé intéressant de le signaler parce que c'est une technique un peu nouvelle.

D'après l'expérience pratique que nous avons réalisée — je suis ingénieur au Gaz de France — je puis vous indiquer que nous avons réalisé diverses installations au cours de l'hiver 1952-1953, avec la collaboration de la Société d'Exploitation rationnelle de Chauffage. Cette chaudière présente toutes les qualités qu'on peut espérer trouver dans une chaudière automatique à combustible solide telles que M. RABET les a définies tout à l'heure. Cet équipement présente un intérêt certain pour les producteurs de cokes qui pourraient y faire brûler les gros cokes difficilement adaptables à la régulation automatique dans les chaudières en fonte, à chargement manuel dont le rendement d'utilisation reste, en définitive, médiocre si je m'en réfère aux chiffres cités par M. GIBLIN, ou même à l'opinion des spécialistes.

M. RABET et vous-même avouez que l'automatisme pure se traduit par une diminution du budget de chauffage d'au moins 20 % et probablement de 30 %.

Le but de mon intervention est donc (elle a tout de même un but commercial, et je m'en excuse) de demander aux installateurs, ingénieurs-conseils, exploitants de chauffage, de songer à la solution coke avec la chaudière automatique quand ils préparent une étude ou un projet de chaufferie. Ces chaudières existent en petites unités mais sont intéressantes à partir de 200 ou 300 000 cal.

Je ne rappellerai pas les avantages du coke pour les utilisations domestiques; on peut compter sur l'esprit commercial du Gaz de France et des Charbonnages de France pour le faire.

Je souhaite simplement que les constructeurs français — il y en a dans la salle — suivent la voie montrée par les Hollandais et je suis certain qu'ils peuvent réaliser d'autres modèles de chaudières automatiques à gros coke qui leur seront comparables, ou

même meilleures. Cette chaudière n'est peut-être pas la *nec plus ultra* en la matière. Je ne suis pas le représentant de cette maison... La production en coke de Gaz de France est de l'ordre de 2 500 000 t/an à l'exclusion de celle des Charbonnages de France. Je suis à la disposition des personnes intéressées pour leur donner tous les renseignements et toute la documentation utile, il en est de même de la diffusion par l'intermédiaire de M. CADIERGUES ou par d'autres personnes.

M. MISSENARD. — Je vous remercie par avance de donner ces renseignements à M. CADIERGUES qui les diffusera par la voie du Comité scientifique et technique.

En tous cas, nous sommes très heureux de voir que les producteurs de combustibles solides s'intéressent à leur emploi en chauffage central et c'est pourquoi nous espérons voir poursuivre et accélérer des travaux comme ceux de M. RABET.

Au sujet de ces communications avez-vous Messieurs, d'autres questions à poser ?

M. CHAPUY. — Que fait-on du grain de coke ? On nous a parlé des gros combustibles, je suis d'accord, mais peut-on également utiliser les grains de coke ?

M. BERNARD. — On voudrait éviter le concassage. Actuellement, les seules chaudières automatiques que l'on trouve en France sont des chaudières automatiques à grains. Nous sommes réduits à la chaudière fonte, ce n'est peut-être pas un gros inconvénient, mais enfin, bien que cela donne de bons résultats, l'automatisme amène certainement une économie d'exploitation et plutôt que de concasser le coke, ce qui est un procédé barbare et difficile, nous préférons recommander une chaudière automatique à gros coke.

M. CHAPUY. — Je crois que nous allons aller de plus en plus vers le coke. Nous utilisons, comme le disait M. RABET tout à l'heure, tout ce que contient la houille, nous la distillons sur place. Il nous reste donc les cokes dont il faut tirer parti. Je me demande si ce n'est pas là l'avenir.

Ceci est d'ailleurs subordonné à l'utilisation des combustibles européens.

(Reproduction interdite.)

Série : CONSTRUCTION MÉTALLIQUE (XIII).

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SÉANCE DU 17 MARS 1953

SOUS LA PRÉSIDENTE DE **M. CAMBOURNAC**,

Vice-Président de l'Association Internationale des Ponts et Charpentes.

Recherches sur le dimensionnement et le raidissage rationnels de l'âme des poutres à âme pleine, en tenant compte du danger de voilement.

Par **M. Ch. MASSONNET**,
Professeur à l'Université de Liège.

SOMMAIRE

	Pages.		Pages.
I. Bref rappel de la théorie classique du voilement des plaques. Voilement plastique.....	1063	V. Le problème du raidissage rationnel.....	1075
II. Examen critique de la théorie précédente : le phénomène expérimental de voilement.....	1065	A. Généralités.....	1075
III. Essais sur une poutre à raidisseurs verticaux surabondants	1066	B. La notion de raidisseur strictement rigide.....	1075
A. Méthode de détermination de la charge critique expérimentale	1066	C. Examen critique de la notion de rigidité optimum.....	1077
B. Description et résultats des essais.....	1066	D. Choix de l'épaisseur de l'âme et de l'emplacement du raidisseur horizontal.....	1077
a) Essais non destructifs.....	1067	Abaque auxiliaire permettant de déterminer la position optimum du raidisseur horizontal dès que le rapport τ/σ est connu.....	1077
b) Essais jusqu'à la ruine.....	1069	VI. Autres développements possibles des poutres à âme pleine.....	1078
IV. Conséquences pratiques de ces essais.....	1070	VII. Conclusions	1078

PRÉSENTATION DU PRÉSIDENT

M. MASSONNET, que nous allons avoir l'avantage d'entendre, n'est pas un inconnu pour la plupart d'entre vous, notamment pour ceux qui font partie de l'A. I. P. C. ou qui en suivent les manifestations.

M. MASSONNET a publié, en effet, des mémoires dans plusieurs volumes de l'Association et il a participé activement à ses deux derniers Congrès, par des communications écrites et verbales portant notamment sur la résistance au voilement des poutres à âme pleine. Ces travaux nous le montrent comme un savant théoricien, doublé d'un expérimentateur avisé : tels sont bien les traits qui le caractérisent dans ses multiples activités de professeur de cours de résistance des matériaux à l'Université de Liège, chargé de mission du Fonds National belge de la Recherche Scientifique, et réalisateur — aux côtés de M. Louis, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées — du vaste programme d'investigation que les industriels belges ont décidé de poursuivre en vue de promouvoir l'essor de la construction métallique en Belgique.

C'est un expert de classe internationale que nous allons avoir la bonne fortune d'entendre. Je m'empresse de lui donner la parole.

RÉSUMÉ

L'emploi de plus en plus étendu de la poutre métallique à âme pleine, qui se prête à une réalisation aisée au moyen de la soudure pose, en raison des grandes portées actuellement atteintes, le problème du raidissage de l'âme. Après un bref rappel de la théorie classique du voilement élastique et du voilement plastique et un examen critique de cette théorie en comparaison avec l'expérience, l'auteur relate des essais exécutés sur une poutre à raidisseurs surabondants en vue d'étudier la stabilité au voilement des panneaux d'âme; on a ainsi déterminé les charges critiques de divers panneaux; les essais ont été ensuite poussés jusqu'à la ruine. Les résultats obtenus ont conduit à l'établissement d'un abaque qui permet : a) de déterminer le coefficient de sécurité au voilement d'un panneau; b) de déterminer l'espacement des raidisseurs verticaux pour un coefficient de sécurité donné du panneau; c) de déterminer l'épaisseur d'une âme de largeur et de hauteur données pour un coefficient de sécurité donné.

Toutefois les raidisseurs verticaux ont peu d'action sur la stabilité au voilement par flexion; la position optimum d'un raidisseur horizontal peut être déterminée par un abaque auxiliaire établi par l'auteur. Enfin le profil des poutres classiques pourrait être mieux protégé du risque de flambement de la membrure comprimée par le choix, pour celle-ci, d'un profil tubulaire.

SUMMARY

The ever greater use of metal plate girders which are adapted to easy assembly through welding, makes webs stiffening a problem because of the large spans of the present time. After a brief review of the classical theory of elastic and plastic warping and a critical examination of this theory as compared with experimental knowledge, the Author describes tests performed on a girder with redundant stiffeners in order to investigate the stability against warping of the web panels. The critical loads of different panels were thus determined and the tests were continued subsequently to failure. The results obtained have led to a graph which makes it possible : a) to determine the factor of safety of a panel against warping; b) to determine the spacing of vertical stiffeners for a given factor of safety of a panel; c) to determine the thickness of a web of a given width and height for a given factor of safety.

However the vertical stiffeners exert only a small influence on the warping stability in bending. The optimum position of a horizontal stiffener may be determined by an auxiliary graph made out by the author. In conclusion, the shape of traditional beams may be better protected against the risk of buckling of the chord or boom in compression by selecting a tubular section for the latter.

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

EXPOSÉ DE M. MASSONNET

Les vingt dernières années ont été marquées par l'emploi de plus en plus étendu de la poutre à âme pleine, qui présente vis-à-vis des systèmes en treillis un avantage incontestable au point de vue esthétique, diminue le danger de corrosion, simplifie l'entretien des ouvrages et surtout se prête à une réalisation aisée au moyen de la soudure électrique.

La portée maximum des poutres à âme pleine, qui n'avait guère dépassé 100 m en 1939, a doublé depuis la fin de la guerre.

Pour prendre un exemple, au pont de Cologne-Deutz la portée de la travée centrale est de 183 m; la hauteur des poutres atteint 7,8 m sur les appuis, pour une épaisseur d'âme de 16 mm seulement; l'éclatement de cette âme atteint ainsi la valeur 487, alors que les règlements de construction limitent encore dans de nombreux pays cet éclatement à 170 au maximum.

Il est à peine besoin de dire que cette minceur inusitée n'a pu être réalisée que grâce à un raidissage de l'âme particulièrement soigné.

Si l'on veut bien noter que chaque millimètre gagné sur l'épaisseur des âmes d'un grand pont, tel que celui de Cologne, représente une économie de l'ordre de 60 t d'acier à haute résistance, on conviendra qu'il vaut la peine de s'attacher à choisir l'épaisseur de l'âme et les dimensions ainsi que la disposition de ses raidisseurs de la manière la plus rationnelle.

Ce problème de dimensionnement a pris un caractère d'actualité sans cesse plus marqué ces dernières années à cause de :

— L'augmentation des tensions admissibles pour toutes les qualités d'acier;

— L'emploi d'aciers à haute limite élastique tels que l'A 52 et l'A 54;

— Et enfin, l'augmentation continuelle de l'éclatement de l'âme, au fur et à mesure que la hauteur de cette âme est elle-même allée en augmentant.

C'est pourquoi, lorsque l'*Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics* m'a fait l'honneur de m'inviter à occuper cette tribune, j'ai songé qu'il serait intéressant d'exposer l'état actuel de la question du voilement de l'âme des poutres à âme pleine, en tenant compte des quelques connaissances nouvelles que nous avons pu acquérir dans ce domaine à l'Université de Liège par des essais sur poutres de grandes dimensions.

Après un bref rappel de la théorie classique du voilement des plaques, dont je ne puis me dispenser, je voudrais surtout analyser dans cette causerie les caractères fondamentaux du phénomène expérimental de voilement. Je rendrai compte des essais non destructifs et poussés jusqu'à la ruine qui ont été exécutés sur une poutre à raidisseurs verticaux surabondants. Ces premiers essais ont déjà conduit à une méthode de calcul rationnelle, matérialisée par deux abaques dont nous verrons les propriétés principales.

Enfin, j'aborderai pour terminer, le problème du raidissage rationnel de l'âme; je vous dirai ce qu'on en connaît déjà et le gros travail qui reste à faire pour vider la question.

I. — *Bref rappel de la théorie classique du voilement des plaques.*

La théorie du voilement d'un panneau d'âme rectangulaire de largeur a , hauteur b et épaisseur e a été faite en introduisant, pour rendre le problème mathématiquement abordable, une impressionnante série d'hypothèses simplificatrices; il importe de les rappeler :

1° On peut isoler le panneau considéré du restant de la poutre;

2° Les tensions de flexion appliquées dans le plan du panneau sont supposées égales sur les deux bords verticaux et se déduisent du moment fléchissant agissant dans la section médiane par la formule élémentaire $\sigma = My/I$. Quant aux tensions de cisaillement τ , elles s'obtiennent en divisant l'effort tranchant par la section de l'âme : ($\tau = T/be$) et elles provoquent dans la plaque un état de cisaillement pur.

Enfin et surtout, deux hypothèses apparemment anodines, mais dont les conséquences sont considérables :

3° La plaque est supposée initialement parfaitement plane.

4° On suppose que, pendant son voilement, elle prend des déplacements transversaux faibles vis-à-vis de son épaisseur.

Dans ces conditions très restrictives, on peut utiliser la théorie classique des plaques et calculer la tension critique qui provoque le voilement du panneau d'âme.

Ce calcul a été fait par TIMOSHENKO dans le cas où la plaque est simplement appuyée sur ses quatre bords, par NÖLKE et IGUCHI dans le cas où les deux côtés horizontaux sont parfaitement encastrés sur les semelles de la poutre et les deux verticaux simplement appuyés sur les raidisseurs verticaux délimitant le panneau.

La tension critique (voir ci-dessous) est un certain multiple de la tension de référence d'Euler

$$\sigma_e = \frac{\pi^2 D}{b^2 e} = \frac{\pi^2 E}{12(1-\eta^2)} \left(\frac{e}{b}\right)^2,$$

qui représente la tension critique de flambement d'une bande de plaque ayant 1 mm de large et toute la hauteur de l'âme. Dans cette formule, E représente le module d'Young et η le coefficient de Poisson.

Si l'on désigne par σ_{cr}^o et τ_{cr}^o les tensions critiques de voilement par flexion pure et par cisaillement pur respectivement, on pose :

$$\frac{\sigma_{cr}^o}{\tau_{cr}^o} \left\{ \begin{array}{l} \text{ou} \\ \text{ou} \end{array} \right. = \frac{k_\sigma}{k_\tau} \left\{ \begin{array}{l} \sigma_e \\ \tau_e \end{array} \right.$$

c'est-à-dire :

$$\frac{\sigma_{cr}^o}{\tau_{cr}^o} = \left\{ \begin{array}{l} k_\sigma \\ \text{ou} \\ k_\tau \end{array} \right. \frac{\pi^2 E}{12(1-\eta^2)} \left(\frac{e}{b}\right)^2.$$

Pour l'acier, en adoptant :

$$\begin{aligned} E &= 21\,000 \text{ kg/mm}^2 \\ \eta &= 0,3 \end{aligned}$$

on trouve :

$$\frac{\sigma_{cr}^o}{\tau_{cr}^o} = \left\{ \begin{array}{l} k_\sigma \\ \text{ou} \\ k_\tau \end{array} \right. 18\,980 \left(\frac{e}{b}\right)^2 \text{ kg/mm}^2.$$

Les coefficients de voilement k_σ et k_τ sont des nombres sans dimensions qui ne dépendent que du rapport $\alpha = a/b$ des côtés du panneau. Le coefficient k_σ de la plaque soumise à la flexion pure dans son plan est défini par le diagramme figure 2, où la courbe (a) s'applique à la plaque appuyée sur ses quatre bords et la courbe (b) à celle encastrée sur ses deux bords horizontaux, appuyée sur les deux autres.

On a porté en abscisses le rapport $\alpha = a/b$.

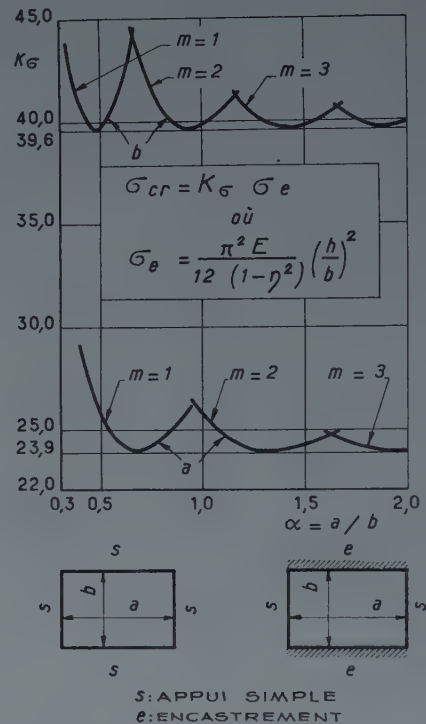


FIG. 2.

De même, le coefficient k_τ de la plaque soumise au cisaillement pur dans son plan est défini par le diagramme figure 3, où la courbe (a) s'applique à la plaque simplement appuyée sur ses quatre bords et les courbes (b_1) et (b_2) à des plaques respectivement encastrées sur

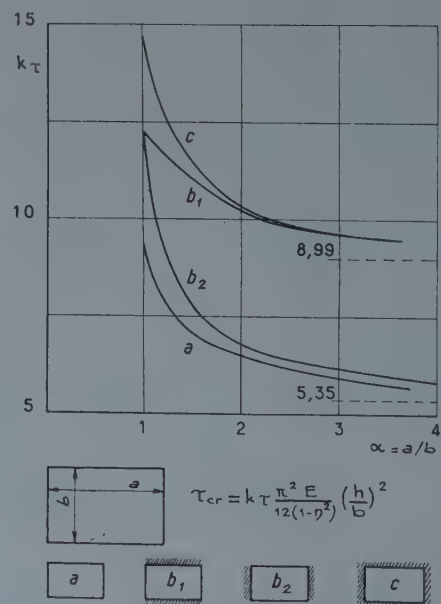


FIG. 3.

les deux bords horizontaux et sur les deux bords verticaux.

Considérons maintenant le cas d'un panneau soumis simultanément à des tensions σ et τ dans son plan, soit :

$\left. \begin{array}{l} \sigma_{cr}^0 = k\sigma_0 \\ \tau_{cr}^0 = k\tau_0 \end{array} \right\}$ les tensions critiques du panneau considéré, supposé sollicité par des tensions normales *seules* ou par des tensions tangentielles *seules*,

σ_{cr} et τ_{cr} , les tensions normales et tangentielles qui produisent le voilement en agissant *simultanément*.

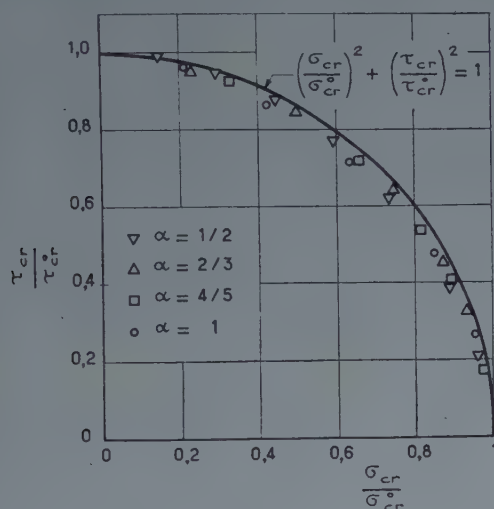


FIG. 4.

Le diagramme de la figure 4 a été construit en portant, pour des panneaux de rapports $\alpha = 1/2, 2/3, 4/5$, et 1, les valeurs théoriques de $\sigma_{cr}/\sigma_{cr}^0$ en abscisses et celles de τ_{cr}/τ_{cr}^0 en ordonnées. On constate que les points calculés ne diffèrent pas sensiblement de la circonférence d'équation :

$$\left(\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_{cr}^0}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{cr}}{\tau_{cr}^0}\right)^2 = 1,$$

nous pouvons donc accepter cette équation simple comme expression de la « courbe d'interaction » liant les valeurs critiques σ_{cr} et τ_{cr} .

La tension de comparaison mesurant le danger de plastification du métal de l'âme s'écrit, si l'on adopte le critère de la tension tangentielle octaédrale maximum,

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}.$$

Au moment du voilement, σ_c atteint donc la valeur critique :

$$\sigma_{c_{cr}}^{id} = \sqrt{\sigma_{cr}^2 + 3\tau_{cr}^2}.$$

Nous appellerons cette quantité, tension de comparaison critique *idéale*, parce que toutes les considérations que nous venons de développer sont basées sur l'hypothèse que le voilement se produit dans le domaine élastique, c'est-à-dire que $\sigma_{c_{cr}}^{id}$ est inférieure à la limite de proportionnalité R_p du métal.

Voilement plastique :

Si cette condition n'est pas satisfaite, le voilement se produit dans le domaine plastique. Les phénomènes deviennent alors beaucoup plus complexes. Cependant, la théorie en a été élaborée; elle est appuyée par les essais exécutés en Suisse par le professeur STUSSI et aux États-Unis par le laboratoire des structures du N. A. C. A. Elle permet d'arriver à la conclusion suivante :

La réduction de stabilité d'une plaque se voilant dans le domaine plastique est nettement moindre que la réduction analogue intervenant dans le flambement des barres comprimées.

Par conséquent, on commettra une erreur dans le sens de la sécurité en réduisant la tension critique de comparaison idéale $\sigma_{c_{cr}}^{id}$ dans le même rapport que l'on réduit dans le domaine plastique la tension critique de flambement.

II. — Examen critique de la théorie précédente : le phénomène expérimental de voilement.

L'analyse qui précède, basée sur la théorie linéaire des plaques parfaitement planes, nous indique sous quelle charge la plaque devient instable et tend à se cloquer. Mais, comme on l'a souligné tout à l'heure, cette théorie linéaire n'est valable que pour des déplacements transversaux de la plaque faibles par rapport à son épaisseur et ne peut représenter que le début du phénomène réel; elle est incapable de nous apprendre quoi que ce soit sur le comportement de la plaque au delà de la charge critique de voilement.

Il est bien connu que la charge critique d'une colonne comprimée représente une charge maximum, que cette colonne ne peut généralement pas atteindre. Les milieux techniques ont eu tendance à considérer qu'il en était de même pour les plaques sollicitées dans leur plan et ont adopté vis-à-vis du voilement de ces plaques un coefficient de sécurité du même ordre de grandeur.

Or, il se trouve justement que le comportement des plaques après dépassement de la charge critique diffère radicalement de celui des barres comprimées : une barre qui se courbe n'est bridée en rien dans sa déformation, tandis que, dès qu'une plaque se courbe, elle cesse d'être applicable sur un plan et il naît dans son feuillet moyen des tensions de membrane qui exercent un important effet stabilisant en s'opposant aux déformations ultérieures.

C'est pourquoi la mise hors service d'une âme par voilement s'accomplit le plus souvent par étirage plastique ou éventuellement par déchirure de cette âme et ces phénomènes ne se produisent que sous une charge considérablement supérieure à la charge critique. Ce fait est bien connu des ingénieurs de l'aéronautique, qui utilisent depuis plus de vingt ans, comme poutres-maîtresses des ailes de leurs avions, des poutres Wagner dont l'âme extrêmement mince est à la limite du voilement dans les conditions ordinaires de vol.

L'étude théorique des phénomènes qui viennent d'être décrits est quasi-insurmontable, car elle devrait prendre en considération, pour représenter la réalité, les imperfections initiales du panneau d'âme et les propriétés plastiques réelles de l'acier utilisé. C'est pourquoi, à mon avis, la détermination du coefficient de sécurité vis-à-vis du voilement doit se faire avant tout par des essais représentant aussi bien que possible le comportement des poutres réelles, c'est-à-dire des essais à grande échelle.

III. — Essais sur une poutre à raidisseurs verticaux surabondants.

Nous avons effectué des essais de ce genre, sur une poutre de 13 m de longueur et 1 m de hauteur d'âme, réalisée par soudure avec un soin extrême, de manière à obtenir des panneaux aussi plans que possible et par conséquent une charge critique expérimentale aussi bien définie que possible.

A. — Méthode de détermination de la charge critique expérimentale.

La détermination de cette charge critique expérimentale est en réalité un problème extrêmement ardu. En effet, par suite de la naissance des tensions de membrane dont nous avons parlé tout à l'heure, les déplacements transversaux de l'âme ne présentent pas du tout l'aspect de croissance hyperbolique en fonction de la charge que l'on observe dans le flambement des barres comprimées (fig. 5, a), mais au contraire une progression continue (fig. 5, b) de sorte qu'il est très difficile de distinguer le moment où l'on atteint la charge critique et de mesurer cette dernière.

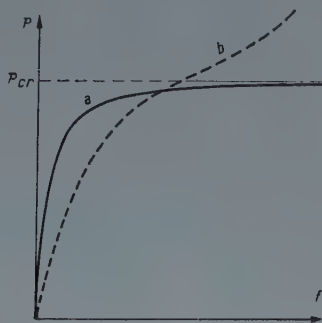


FIG. 5.

Après une étude approfondie des diverses possibilités, nous avons décidé d'utiliser la méthode proposée par SOUTHWELL en 1932 pour déterminer la charge critique d'une barre biarticulée chargée en bout d'une force P , à partir des mesures expérimentales de la flèche transversale f . SOUTHWELL a montré que, si l'on trace un diagramme (fig. 6) en portant la flèche f en abscisses et le rapport f/P en ordonnées, tous les points expérimentaux tombent sur une ligne droite. Cette droite coupe l'axe des abscisses ($f/P = 0$) à la distance $-f_0$ de l'origine qui mesure l'imperfection totale de la barre et de sa mise en charge; la valeur de la charge critique de

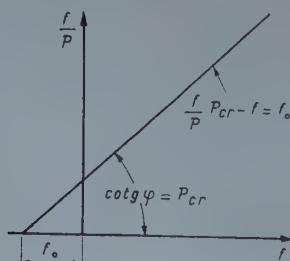


FIG. 6.

flambement est donnée par l'inverse du coefficient angulaire de cette droite, c'est-à-dire cotangente φ .

On a démontré que la technique de SOUTHWELL s'appliquait de façon générale à tous les problèmes d'instabilité élastique et en particulier au voilement des plaques. Cependant, elle ne reste évidemment valable que tant qu'on peut appliquer la théorie linéaire des plaques. Il en résulte que les tensions de membrane, qui se développent dans le feuillet moyen des panneaux d'âme au fur et à mesure que ceux-ci prennent une courbure transversale, vont fausser cette méthode. Pour qu'elle donne de bons résultats il faut qu'on puisse augmenter la sollicitation jusqu'au voisinage de la charge critique, sans que la plaque ne prenne des déplacements transversaux importants, de manière que l'effet des tensions de membrane reste faible.

Cette condition ne peut être remplie que si l'on réalise la poutre d'essai avec un soin extrême, de manière à obtenir une planéité exceptionnellement bonne des panneaux d'âme et qu'en outre on fait agir les charges exactement dans le plan de symétrie de l'âme.

B. — Description et résultats des essais.

Après avoir défini la technique de recherche de la charge critique expérimentale, je puis aborder la description et les résultats de nos premiers essais, exécutés en 1948-1949.

Ceux-ci constituent la première partie d'un programme général d'étude. Ils ont pour but d'étudier la stabilité au voilement de panneaux d'âme à encadrement rigide et ont été effectués sur une poutre munie de raidisseurs verticaux surabondants.

Ces essais ont été exécutés dans la halle expérimentale des Laboratoires d'Essais des Constructions du Génie Civil de l'Université de Liège, que son directeur, M. le Recteur F. CAMPUS, a bien voulu mettre à notre disposition. Cette halle permet de solliciter statiquement ou dynamiquement des poutres d'une portée allant jusqu'à 20 m et d'une hauteur quelconque.

Le dispositif expérimental que nous avons choisi est représenté à la figure 7, il comporte une poutre de 13 m

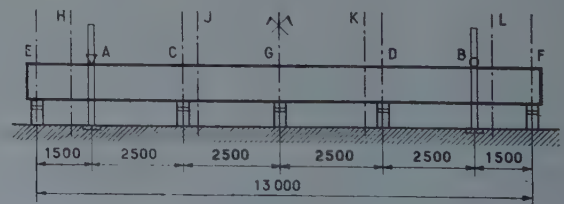


FIG. 7.

de longueur et 1 m de hauteur d'âme, appuyée en A et B et soumise de bas en haut à l'action de un, deux ou trois vérins hydrauliques. Pour pallier le danger de déversement, la poutre est maintenue verticalement par des cadres fixes, placés en A, B, C, D.

Les vérins sont divisés en deux groupes comportant chacun un ou deux vérins; chaque groupe comporte sa pompe à huile et son dynamomètre séparés, de sorte qu'il est possible de faire varier indépendamment les efforts provoqués par les vérins des deux groupes. La poutre d'essai possède des tables d'épaisseur constante de 200×15 mm de section et une âme d'épaisseur variable par tronçons de 4 à 6 mm. Elle est divisée par

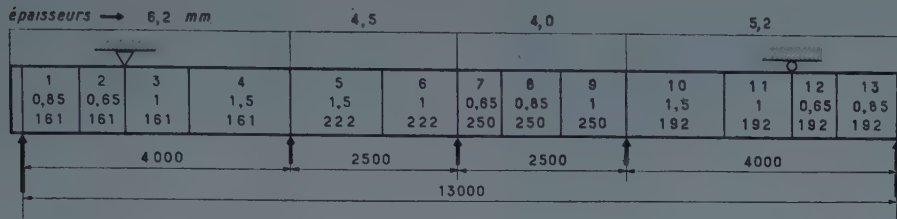


FIG. 8.

des raidisseurs verticaux en treize panneaux présentant des rapports de côtés $\alpha = a/b$ différents et convenablement choisis (fig. 8).

Il est possible de mettre en œuvre, selon les besoins, un, deux ou trois des cinq vérins représentés à la figure 7 et de régler à son gré les efforts qu'ils exercent; on peut ainsi réaliser autant de sollicitations différentes de la poutre qu'on le désire et étudier pour chacune d'elles la stabilité de plusieurs panneaux de la poutre. On constate ainsi qu'à l'aide de la seule poutre de 13 m, on peut déterminer de très nombreuses charges critiques réparties dans le domaine à trois dimensions

$$161 \leq \frac{b}{e} \leq 250,$$

$$0,65 \leq \frac{a}{b} \leq 1,50,$$

$$0 \leq \frac{\tau_{cr}}{\sigma_{cr}} \leq \infty.$$

Les figures 9 et 10 donnent une vue d'ensemble du montage utilisé pour les essais non destructifs.

Nous avons mesuré les flèches transversales des panneaux à l'aide de comparateurs au 1/100 mm placés au centre de chaque panneau.

a) Essais non destructifs.

Nous avons cherché à utiliser au maximum les possibilités du montage décrit ci-dessus et, dans ce but, nous avons réalisé successivement toutes les mises en charge indiquées à la figure 11. Ces quarante-quatre mises en charge différentes nous ont permis de déterminer, par le tracé du diagramme de Southwell, cent cinquante-cinq charges critiques différentes des treize panneaux composant la poutre. En vue de garantir à la méthode une précision de 10 %, nous avons écarté après coup toutes les déterminations de charges critiques qui correspondaient à une flèche initiale f_0 supérieure aux 15 % de l'épaisseur de l'âme; cela nous a conduits à écarter quarante-deux déterminations de P_{cr} sur le total de cent cinquante-cinq.

L'ensemble des charges critiques relevées nous a permis de construire sept diagrammes correspondant à ceux des panneaux intérieurs pour lesquels on avait rassemblé un nombre suffisant de mesures.

Dans ces diagrammes (fig. 12), σ_{cr} a été porté en abscisses et τ_{cr} en ordonnées; on a représenté également les tensions critiques théoriques des panneaux, calculées par TIMOSHENKO dans l'hypothèse d'une plaque simplement appuyée et par NÖLKE et IGUCHI dans l'hypothèse d'une plaque encastrée sur ses deux bords horizontaux et simplement appuyée sur ses deux bords verticaux. Les couples de valeurs théoriques σ_{cr}^0 , τ_{cr}^0 , ont été réunis par



FIG. 9 et 10. — Vues d'ensemble du montage utilisé pour les essais non destructifs.

SOLLICITATION TYPE	SCHÉMA	VALEURS DE β RÉALISÉES
A		0, 1, 2, 4 0, 2, 1, 4 0, 4, 1, 6 0, 6, 2 0, 8, 3 1, 4 8
B		1 2 3 4
C		0, 4, 1, 2 0, 8, 1, 4 1, 5/3 2
D		0, 4 0, 8 1 1, 2 1, 4 1, 8
E		0, 4 1 3 8
F		1, 2 1, 6 2, 2 3
G		1/4 1/2 3/4 1 1, 5 2

FIG. 11.

les ellipses d'équation :

$$\left(\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_{cr}^0}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{cr}}{\tau_{cr}^0}\right)^2 = 1,$$

qui représentent les courbes d'interaction entre σ_{cr} et τ_{cr} .

Pour abréger, je vous projetterai seulement trois des sept diagrammes obtenus (fig. 12, 13, 14).

Ces diagrammes appellent les remarques suivantes :

a) Les tensions critiques expérimentales sont très généralement supérieures aux valeurs critiques calculées par

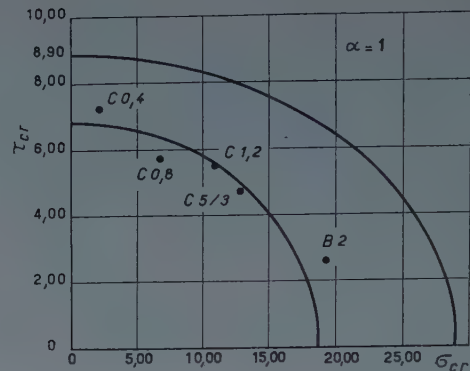


FIG. 12.

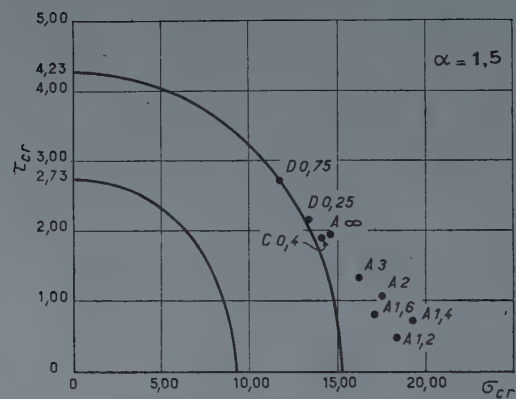


FIG. 13.

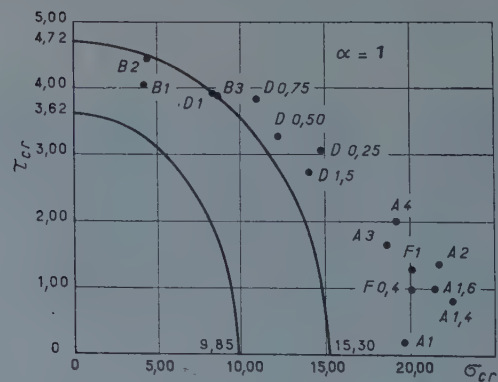


FIG. 14.

TIMOSHENKO dans l'hypothèse d'une plaque appuyée sur ses quatre bords et en général du même ordre de grandeur que celles calculées par NÖLKE et IGUCHI dans l'hypothèse d'une plaque appuyée-encastree;

b) La dispersion des résultats expérimentaux est grande; ce fait est dû sans doute pour une part à l'imperfection de la méthode de Southwell, mais il provient

également de ce que l'âme est une plaque continue sur plusieurs appuis, de sorte que la stabilité d'un panneau déterminé dépend de celle des panneaux voisins. Comme la stabilité relative des panneaux adjacents n'est pas la même pour tous les types de mise en charge, il n'est pas absurde d'obtenir, à l'aide de mises en charge différentes, des points expérimentaux alignés sur une droite passant par l'origine.

c) La théorie sous-estime nettement plus la résistance au voilement par flexion que celle au voilement par cisaillement. Si l'on compare pour chaque panneau les valeurs *minima* des tensions critiques expérimentales aux valeurs des tensions critiques théoriques de Timoshenko, on arrive aux conclusions suivantes :

RAPPORT	MOYENNE panneaux carrés ($\alpha = 1$)	MOYENNE panneaux longs ($\alpha = 1,5$)
$\sigma_{cr}^{exp} / \sigma_{cr}^{théorique} \dots\dots$	1,57	1,40
$\tau_{cr}^{exp} / \tau_{cr}^{théorique} \dots\dots$	1,07	1,15

b) Essais jusqu'à la ruine.

Abordons maintenant la description rapide des trois essais jusqu'à la ruine qui ont été exécutés après achèvement des essais non destructifs.

Le premier de ces essais a eu lieu sur la poutre complète; cette dernière supportait une charge P et une charge P/2; cette disposition avait été choisie de manière à provoquer une déformation plastique dans la zone centrale de la poutre.

La majorité des instruments de mesure se distingue sur les figures 15 et 16 qui représentent la partie centrale de la poutre, du panneau 4 jusqu'au panneau 11. Comme instruments, on a utilisé, outre les comparateurs placés aux milieux des panneaux, dix tensomètres Huggerberger pour déceler les déformations plastiques des semelles et vingt tensomètres ohmiques Baldwin fixés au centre des panneaux d'âme 5 à 9, sur les deux faces de l'âme, dans des directions inclinées à 45° dans les deux sens. Ces tensomètres devaient mesurer les déformations principales de cisaillement et mettre en évidence les perturbations apportées à ces déformations par le voilement des panneaux.

L'essai n'a présenté aucune particularité jusqu'à une charge de 40 t au grand vérin; à ce moment, la poutre s'est brusquement déversée; la cause de ce phénomène d'instabilité est le nombre insuffisant de cadres latéraux maintenant la poutre; néanmoins, comme on le verra, cet essai nous apporte des renseignements précieux en nous donnant des bornes inférieures des charges ultimes des différents panneaux.

Les deux autres essais jusqu'à la ruine ont été réalisés après oxycoupage de la poutre et soudure de nouveaux raidisseurs à une extrémité, sur les deux tronçons terminaux de la poutre, longs chacun de 4 m. Dans ces



FIG. 15.

deux derniers essais, on a renforcé le guidage latéral de la poutre et le nombre d'appareils de mesure.

Dans les trois essais, la charge a été élevée par paliers et tous les instruments ont été lus à chaque palier. De plus, on a fait de fréquents retours à zéro pour apprécier la grandeur des déformations résiduelles. Ces essais fournissent ainsi, non seulement la charge critique expérimentale de voilement et la charge ultime du panneau, mais encore la charge maximum jusqu'à laquelle le panneau reste pratiquement élastique.

J'ai groupé dans le tableau suivant les principaux résultats numériques des essais jusqu'à la ruine.

En résumé, nos expériences confirment et complètent en général les résultats obtenus lors des recherches expé-



FIG. 16.

ESSAI	PANNEAU n°	ÉPAISSEUR en mm	b/e	CHARGE CRITIQUE de voilement			CHARGE maximum élastique tonnes	CHARGE ultime tonnes	$\frac{P_{exp-cr}}{P_{théor-cr}}$	$\frac{P_{élas.}}{P_{théor-cr}}$	$\frac{P_{ult.}}{P_{théor-cr}}$
				Expéri- mentale	Théorique						
					Timo- shenko	Nölke Iguchi					
Préliminaire	—	4,0	250	34	23,4	—	50	61,3	1,45	2,14	2,62
Premier essai jus- qu'à la ruine ...	6	4,0	250	27	20,7	30,7	?	> 41,4	1,26	?	> 2,00
	7	et	et	20	15,6	28,0	?	> 41,4	1,28	?	> 2,65
	8			16,3	26,3	?	> 41,4	1,17	?	> 2,54	
	9	4,5	222	19	16,6	25,6	?	> 41,4	1,14	?	> 2,49
Deuxième essai jus- qu'à la ruine ...	1	6,2	161	78	78,9	113	100	142	1,00	1,27	1,80
	2	6,2	161	83	76,5	130	100	142	1,08	1,31	1,86
	3	6,2	161	?	76,2	108,6	100	142	?	1,32	1,87
Troisième essai jus- qu'à la ruine ...	11	5,2	192	67	47,0	67,1	90	107	1,43	1,91	2,28
	12	5,2	192	59	49,0	81,9	90	107	1,21	1,83	2,18
	13	5,2	192	64	48,2	68,0	90	107	1,33	1,87	2,22

riminales antérieures, et principalement celle de WÄSTLUND et BERGMAN.

A la suite de tous ces travaux, on peut résumer comme suit les principaux résultats acquis à ce jour théoriquement et expérimentalement :

1° Le voilement de l'âme des poutres à âme pleine est un phénomène progressif qui n'entraîne pas un écroulement soudain de la poutre comme le phénomène de flambement. Par conséquent, il doit être considéré comme équivalent, en ce qui concerne le danger de rupture, à des types de sollicitation tels que la flexion, le cisaillement, etc., qui n'entraînent aucun risque d'instabilité élastique;

2° La charge critique expérimentale est plus élevée que la charge critique théorique calculée par les formules de Timoshenko; le rapport $\frac{P_{exp-cr}}{P_{théor-cr}}$ est 1,3 fois plus grand, en moyenne, pour les panneaux fléchis que pour les panneaux cisailés, ce qui permet d'adopter pour les premiers un coefficient de sécurité réduit;

3° La poutre reste pratiquement élastique jusqu'à une charge variant, selon le cas, de 1,2 à 2,8 fois la charge critique théorique de Timoshenko;

4° La charge ultime est deux à quatre fois plus élevée que la charge critique théorique; elle est sans relation directe avec cette dernière, quoique le rapport des deux soit d'autant plus grand que l'élanement du panneau est plus grand. Elle est conditionnée surtout par la résistance des éléments de la poutre (âme, semelles, raidisseurs) à des phénomènes locaux d'instabilité provoqués au moment où ces éléments deviennent partiellement plastiques;

5° La courbure initiale des panneaux d'âme ne joue pas de rôle défavorable comme dans le cas du flambement, mais un rôle quasi-nul ou même favorable. Les résultats d'essais obtenus sur poutres très soignées de laboratoire peuvent par conséquent être transposés directement aux poutres industrielles, sans interposition d'une sécurité supplémentaire.

IV. — Conséquences pratiques de ces essais.

Comme l'apparition de la charge critique de voilement n'est pas synonyme de ruine et que la liaison de cette charge avec la charge ultime est plutôt lâche, l'idée vient immédiatement à l'esprit d'essayer d'élaborer une méthode pour calculer la charge ultime de la poutre.

A ce point de vue, il est tout indiqué de s'appuyer sur les recherches de construction aéronautique inaugurées en 1929 par le professeur WAGNER et poursuivies avec activité aux États-Unis par KUHN et ses collaborateurs au Laboratoire des Structures du N. A. C. A.

Rappelons qu'une poutre Wagner est une poutre en double té à âme très mince (dont l'élanement est usuellement compris entre 500 et 1 000) et qui travaille comme une console. La figure 17 montre que l'âme subit du fait du chargement un plissement diagonal très accusé.

Si l'on admet qu'elle ne résiste pratiquement pas à la compression dans son plan, elle exerce sur les semelles un effort de traction oblique proportionnel à la force P. La composante verticale de cet effort (fig. 18) soumet visiblement les raidisseurs verticaux à la compression. Quant aux semelles, elles jouent le rôle de poutres continues appuyées sur des appuis fixes constitués par les raidisseurs; elles sont donc le siège de tensions locales de flexion.

Il faut noter, en outre, que plus l'âme devient épaisse, plus le plissement a tendance à se concentrer dans la diagonale des panneaux (fig. 19); l'effet de flexion locale des semelles diminue dans ce cas, mais les raidisseurs restent soumis à des efforts de compression importants.

Si donc un effet Wagner sensible devait se manifester dans nos poutres en double té, on devrait pouvoir déceler par des tensomètres les déformations correspondant à ces sollicitations.

Dans le dernier essai jusqu'à la ruine effectué en 1949, j'avais essayé de déceler une flexion locale des semelles, et le résultat avait été entièrement négatif; il est vrai

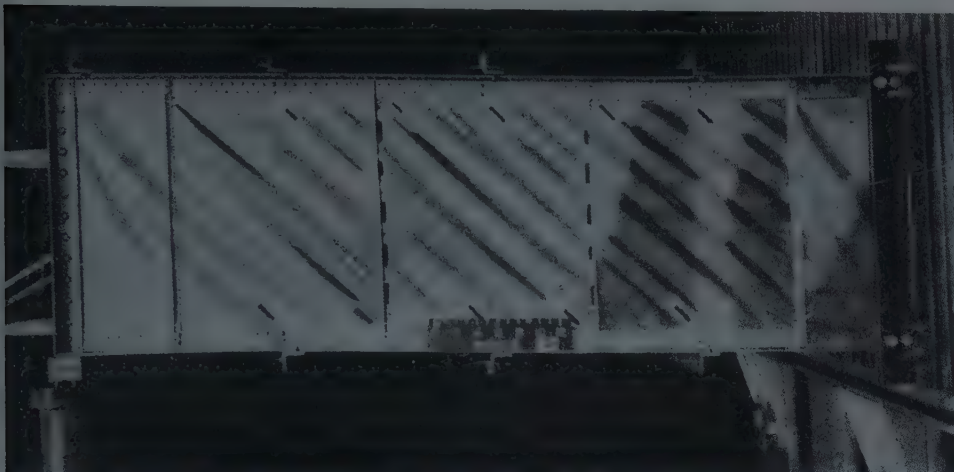


FIG. 17. — L'âme subit un glissement diagonal du fait du chargement.

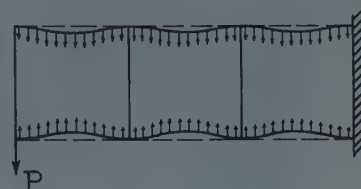


FIG. 18.



FIG. 19.

que l'éclatement de l'âme ne valait dans cet essai que 167, ce qui est relativement faible.

Le professeur WINTER ayant insisté au Congrès de Cambridge de l'A. I. P. C. sur la possibilité d'adaptation de la théorie de Wagner au génie civil, nous avons fait récemment des mesures de déformation sur les raidisseurs, à l'occasion d'essais jusqu'à la ruine exécutés sur une nouvelle poutre d'essai. L'éclatement de l'âme était ici de l'ordre de 300; par contre, les panneaux portaient des raidisseurs horizontaux qui contrariaient la formation de plis diagonaux : nous avons trouvé dans tous les raidisseurs, non pas des efforts de compression, mais bien

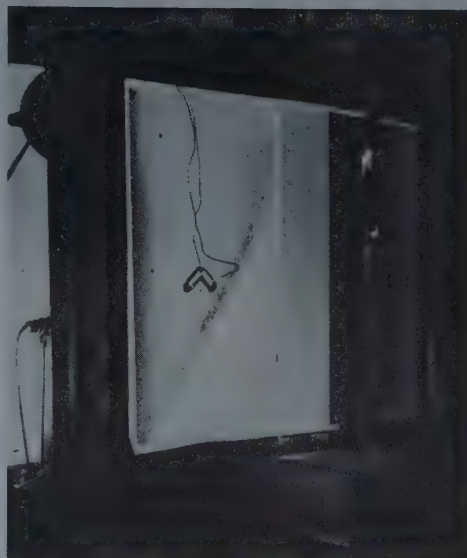


FIG. 21 a.



FIG. 20. — Voilement dans une poutre Wagner.

de légers efforts de traction, ce qui ne paraît pas encourageant pour l'application de la théorie de Wagner au génie civil.

Il faut d'ailleurs reconnaître que l'allure normale du voilement dans une poutre Wagner (fig. 20) diffère nettement de ce que nous avons observé sur les panneaux soumis au cisaillement prédominant (fig. 21 a et b) et radicalement de ce que nos derniers essais ont donné sur des panneaux soumis à la flexion prédominante.

Pour résumer cette discussion, je ne vois pas, à l'heure actuelle, comment on pourrait calculer avec quelque précision la charge ultime d'une poutre en double té à âme mince faite en acier doux.

Cependant, il faut construire, et la charge critique de voilement est aujourd'hui le seul paramètre dont nous disposons pour apprécier l'ordre de grandeur de la charge ultime. L'expérience nous a appris, en outre, que sous



FIG. 21 b.

la charge critique théorique, les flèches transversales des panneaux sont inférieures à l'épaisseur de l'âme, donc invisibles à l'œil nu. C'est pourquoi j'ai conservé la charge critique théorique comme base des calculs de dimensionnement. Je pense que l'on peut raisonnablement fonder ces calculs sur les deux principes ci-après :

1° Si l'on calcule les tensions critiques de voilement σ_{cr} et τ_{cr} par les formules de Timoshenko, il suffit d'adopter des coefficients de sécurité de 1,35 vis-à-vis du voilement par cisaillement et 1,15 vis-à-vis du voilement par flexion. Ces coefficients donnent une très large sécurité réelle vis-à-vis de la charge ultime de la poutre;

2° Si la tension de comparaison critique idéale

$$\sigma_{c_{cr}}^{id} = \sqrt{\sigma_{cr}^2 + 3\tau_{cr}^2}$$

de l'âme dépasse la limite de proportionnalité de l'acier utilisé, le voilement se produit dans le domaine plastique. Par sécurité, on réduira $\sigma_{c_{cr}}^{id}$ dans le même rapport qu'on réduit dans le domaine plastique la tension critique de flambement.

L'application numérique de ces deux règles conduit à une série de calculs assez laborieux. C'est pourquoi, dans le cadre des recherches entreprises par la Commission belge pour l'Etude de la Construction Métallique (C. E. C. M.) en vue de promouvoir le progrès de cette construction, nous avons essayé, mon collaborateur M. GREISCH et moi-même, de mettre ces calculs sous forme d'abaques. Nous avons réussi à en mettre au point

deux qui permettent de résoudre rapidement tous les problèmes relatifs au voilement des âmes raidies ou non et constituent ainsi la conclusion pratique des expériences que je vous ai décrites.

Rappelons brièvement les notations utilisées dans ces abaques :

Notations générales.

a	: la largeur du panneau d'âme considéré;
b	: sa hauteur;
$\alpha = \frac{a}{b}$: le rapport de ces deux dimensions;
e	: son épaisseur;
I	: le moment d'inertie brut de la poutre;
T, M	: l'effort tranchant et le moment fléchissant dans la section droite médiane du panneau;
$\sigma = \frac{M_{\text{max}}}{I}$: la tension maximum de flexion dans l'âme, dans cette section;
$T = \frac{\tau}{be}$: la tension moyenne de cisaillement dans l'âme, dans cette section.
$\xi = \frac{\tau}{\sigma}$	

L'abaque principal est construit en utilisant les quatre paramètres ci-après : $\alpha = a/b$; b/e ; $\xi = \tau/\sigma$ et σ . Nous n'entrerons pas dans les détails de sa construction, il importe plus de connaître son maniement et de savoir quelles sont ses possibilités.

Nous allons d'abord examiner le cas d'un panneau d'âme qui ne comporte aucun raidisseur horizontal. Dans ce cas, on utilise le premier faisceau de courbes du quatrième quadrant de l'abaque (fig. 22), cotées en valeurs du rapport des côtés α .

Le troisième quadrant comporte des courbes cotées en valeurs de l'épaisseur relative de l'âme b/e . Ces courbes correspondent à un matériau élastique de module $E = 21\,000 \text{ kg/mm}^2$. Pour l'acier 37, ces courbes ne sont valables que jusqu'à la limite de proportionnalité de cet acier, soit 19 kg/mm^2 . Au delà de cette tension et jusqu'à la limite apparente d'élasticité (25 kg/mm^2), elles se prolongent par des courbes correspondant à une tension critique de comparaison réduite dans le même rapport que les tensions critiques de flambement, selon les prescriptions de l'Institut belge de Normalisation.

Pour l'acier 52, les courbes b/e du matériau élastique sont valables jusqu'à la limite de proportionnalité de cet acier, soit 29 kg/mm^2 . Au delà, elles se prolongent par d'autres courbes tracées comme ci-dessus et valables jusqu'à la limite apparente de l'acier 52, soit 36 kg/mm^2 .

Le deuxième quadrant de l'abaque est occupé par un réseau de courbes cotées en valeurs de σ et le premier quadrant par des courbes cotées en valeurs de $\xi = \tau/\sigma$.

Mode d'emploi de l'abaque. Exemples d'application.

L'abaque permet de résoudre les trois problèmes principaux qui se posent en pratique :

a) **Déterminer le coefficient de sécurité au voilement d'un panneau d'âme donné, soumis à des tensions σ et τ données.**

SOLUTION. — On calcule $\xi = \tau/\sigma$, $\alpha = a/b$ et b/e .

Du point A situé sur O, on mène la verticale jusqu'en B au point d'intersection avec la courbe cotée α . On mène ensuite par B l'horizontale qui rencontre la courbe cotée b/e en C. On mène par C la verticale jusqu'à sa

POUTRES À ÂME PLEINE

ABAQUE PERMETTANT DE DÉTERMINER L'ÉPAISSEUR DE L'ÂME ET L'ÉCARTEMENT DES RAIDISSEURS EN TENANT COMPTE DU DANGER DE VOILEMENT.

PROBLÈME		Valeurs auxiliaires à calculer	S O L U T I O N		
Données	Inconnue		Point de l'abaque Lettre	Situé sur	Trace
$a b e - \sigma \tau$	s	$\alpha \xi \frac{b}{e}$	F	axe s	A B C D E F
$- b e s \sigma \tau$	$(a = \alpha b)$	$\xi \frac{b}{e}$	B	courbe α	A B et F E D C B
$a b - s \sigma \tau$	$(e = b \frac{e}{e})$	$\alpha \xi$	C	courbe $\frac{b}{e}$	A B C et F E D C

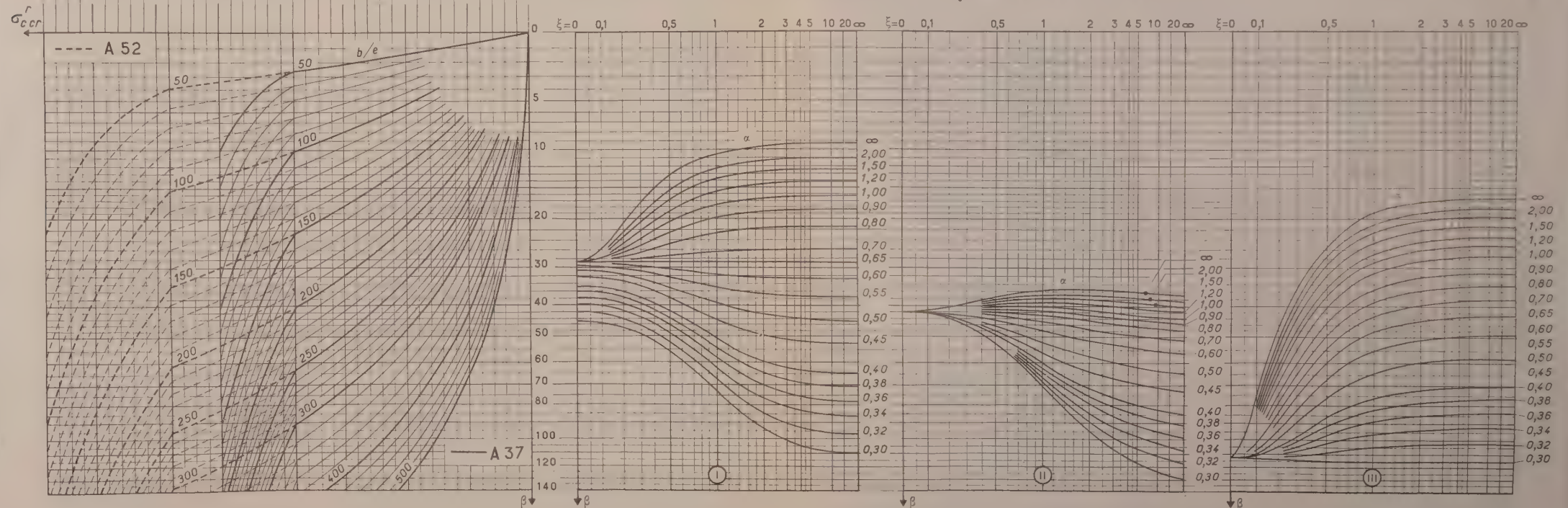
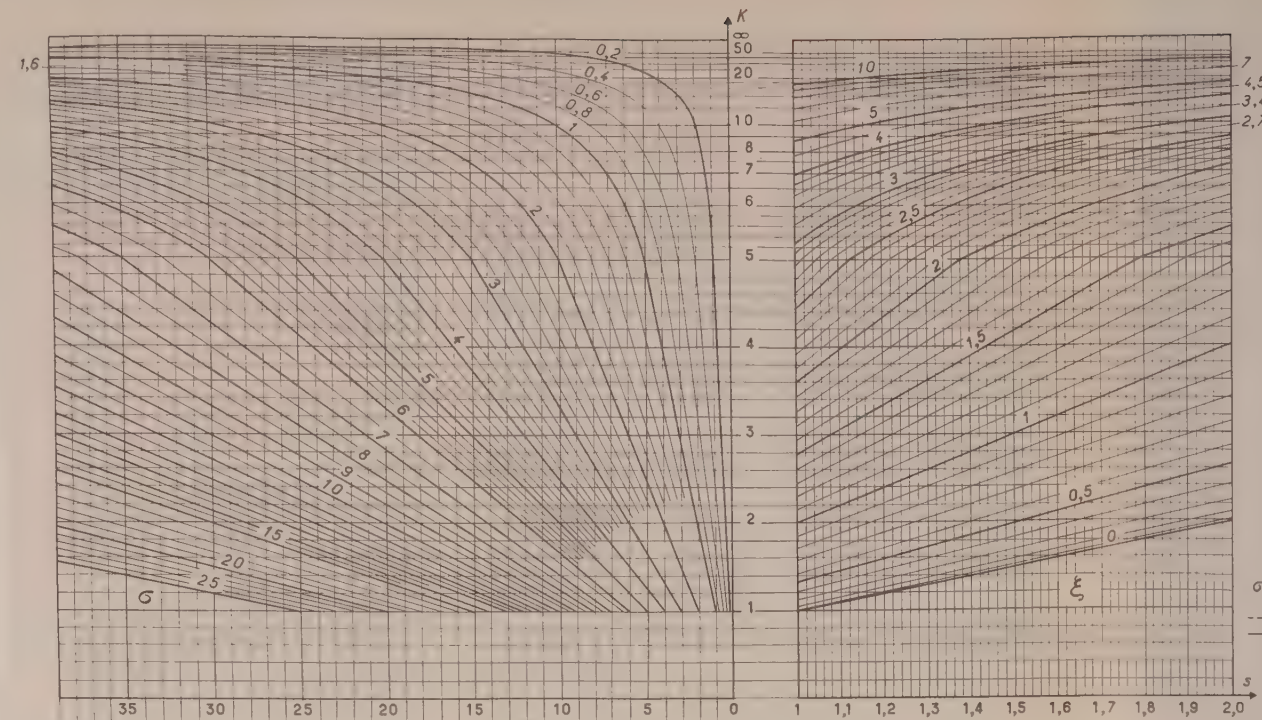
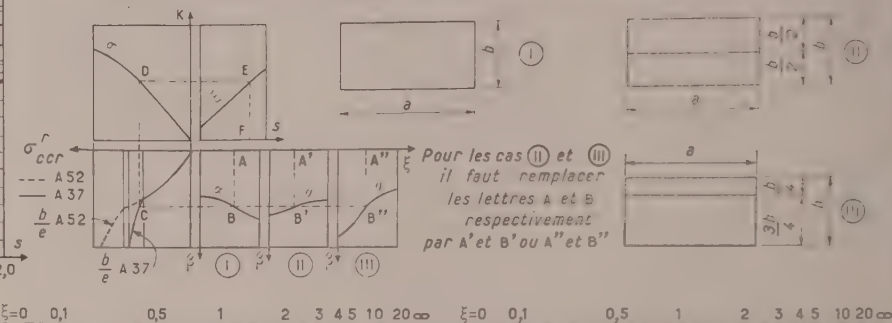


FIG. 22.

rencontre en D avec la courbe cotée σ . On mène par D l'horizontale jusqu'à sa rencontre en E avec la courbe cotée ξ . Enfin, on mène par E la verticale, qui rencontre l'axe des s au point F dont l'abscisse est le coefficient de sécurité s cherché.

b) Déterminer l'espacement a des raidisseurs verticaux pour qu'une âme d'épaisseur e et de hauteur b données, soumise à des tensions σ, τ , données, ait un coefficient de sécurité s donné.

SOLUTION. — On construit le contour orthogonal dont il vient d'être question dans le sens $F \rightarrow E \rightarrow D \rightarrow C$. On trace l'horizontale passant par C et la verticale d'abscisse ξ passant par le point A. Ces deux droites se coupent en un point B. On détermine la cote de la courbe passant par B, l'espacement cherché des raidisseurs est $a = \alpha b$.

c) Déterminer l'épaisseur e d'une âme de largeur a et de hauteur b données, soumise à des tensions σ, τ , dans un rapport ξ donné, de façon que son coefficient de sécurité soit égal à une valeur donnée s .

SOLUTION. — On construit le contour orthogonal du § a) dans le sens $F \rightarrow E \rightarrow D$ et dans le sens $A \rightarrow B$. On mène par D la verticale et par B l'horizontale. Ces deux droites se coupent en un point C. On détermine la cote b/e de la courbe passant par C. L'épaisseur de l'âme est $e = b/b/e$.

Il importe de remarquer que l'abaque dont je viens de parler est à lecture directe; le quadrillage serré dont il est muni permet de suivre avec un crayon le contour orthogonal dont il a été question; aucune construction n'est donc nécessaire et le résultat peut être obtenu en une fraction de minute.

V. — Le problème du raidissage rationnel.

A. — Généralités.

Nous avons jusqu'ici borné notre étude aux panneaux d'âme rectangulaires limités par des raidisseurs verticaux rigides. Cependant, les études théoriques ont montré que les raidisseurs verticaux avaient un effet pratiquement nul sur la stabilité au voilement par flexion. C'est pourquoi, dans la partie médiane des poutres à âme pleine, on tend de plus en plus à renforcer la stabilité des panneaux d'âme à l'aide de raidisseurs horizontaux. Il se pose, à propos de tous ces raidisseurs, le double problème suivant :

1° Quelles sont les dimensions les plus favorables à donner aux raidisseurs et à l'épaisseur de l'âme?

2° Quelle est la position optimum que doit occuper le raidisseur, selon l'importance relative des tensions tangentielles et normales dans l'âme, c'est-à-dire selon le rapport ξ ?

Je me propose de vous entretenir successivement des deux problèmes en question.

Considérons d'abord la question des dimensions optima à donner à un raidisseur déterminé. Si nous négligeons sa faible résistance à la torsion, son aptitude à relever la stabilité de l'âme est complètement déterminée par sa rigidité à la flexion EI pour le plan de flexion normal à l'âme. On peut donc le caractériser par son coefficient de rigidité relative à la flexion :

$$\gamma = \frac{\text{rigidité du raidisseur}}{\text{rigidité de la plaque}} = \frac{EI}{bd^3}$$

où $D = Ee^3/12(1 - \eta^2)$.

B. — La notion de raidisseur strictement rigide.

Prenons pour fixer les idées le cas d'un panneau soumis à la flexion pure dans son plan et muni d'un raidisseur vertical (fig. 23 a).

Si le raidisseur a une rigidité relative faible, il est entraîné par la tôle dans sa déformation et la déformée de voilement possède des courbes de niveau du genre de celles représentées à la figure 23 a.

Traçons un diagramme en portant γ en abscisses et la charge critique de voilement σ_{cr} de la plaque raidie en ordonnées (fig. 23 b). Nous obtenons une courbe qui part du point A ($\sigma = \sigma_{cr}$ plaque libre, $\gamma = 0$) et qui va en montant vers la droite. Cependant, lorsque la rigidité du raidisseur devient suffisante, la plaque n'a plus la force nécessaire pour l'entraîner dans sa déformation et se voile de part et d'autre du raidisseur, qui reste parfaitement rectiligne (fig. 23 c). La charge critique correspondant à cette forme de voilement à raidisseur rigide peut s'évaluer aisément; c'est en effet celle de la plaque de longueur $a : 2$ et de largeur b ; appelons-la σ_{cr}^* .

La stabilité de la forme de voilement à raidisseur rigide ne dépend pas de la rigidité de ce raidisseur. En d'autres termes, la valeur de σ_{cr} ne dépend pas de γ . Elle est par conséquent représentée, sur le diagramme figure 23 b, par une horizontale. Cette horizontale coupe la courbe précédente en un certain point B d'abscisse γ^* . Pour un raidisseur de rigidité γ^* , les formes de voilement à raidisseur rigide et à raidisseur fléchi peuvent se produire indifféremment.

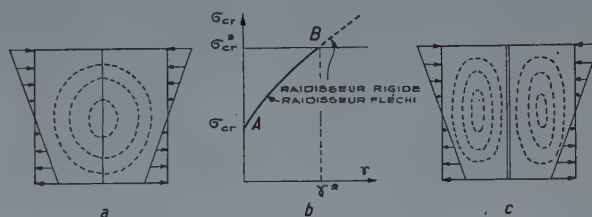


FIG. 23.

Le raidisseur de rigidité γ^* possède la plus faible rigidité relative que peut prendre un raidisseur rigide; c'est pourquoi on l'appelle *raidisseur strictement rigide*. Il n'y a évidemment aucun intérêt à utiliser des raidisseurs de rigidité supérieure à γ^* ; ce serait dépenser du métal en pure perte, puisque la tension critique de la plaque n'augmente pas au delà de γ^* . Par contre, il est possible d'utiliser des raidisseurs de rigidités inférieures à γ^* , qui sont entraînés par la plaque dans son voilement (fig. 23 a). Cependant, une étude détaillée, tenant compte de la dépense d'acier et des frais de main-d'œuvre, montre que c'est le raidisseur strictement rigide qui est généralement le plus économique. C'est pourquoi nous appellerons γ^* *rigidité optimum*.

Nos connaissances théoriques sur les valeurs de γ^* sont encore très incomplètes. La figure 24 résume l'essentiel de ce que l'on sait actuellement. Vous remarquerez qu'à un même raidisseur correspondent des valeurs de γ^* , différentes selon que le panneau est sollicité par flexion pure ou par cisaillement pur.

On ne sait pratiquement rien de la valeur de γ^* quand le panneau est soumis à la flexion avec cisaillement, ce qui est le cas habituel. Faute de mieux, on adopte dans ce cas la plus grande des deux valeurs de γ^* , données

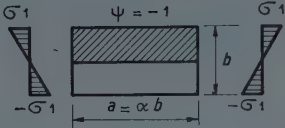
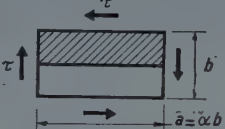
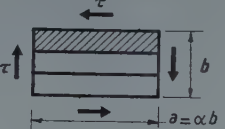
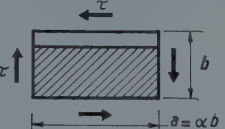
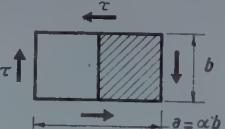
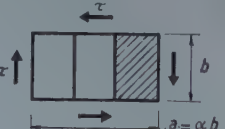
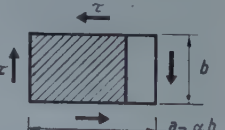
DISPOSITIONS DES RAIDISSEURS ET SOLLICITATIONS	LIMITES D'APPLICATION	VALEURS DE γ^*
<i>Tensions dues à la flexion pure.</i>		
5. Raidisseur à mi-hauteur.		$\gamma^* = 1,3$
6. Raidisseur au 1/4 de la hauteur dans la zone comprimée.	$\alpha \leq 0,5$	$\gamma^* = 2,4 + 18,4 \delta$
	$\alpha > 0,5$	$\gamma^* = (12 + 92 \delta) (\alpha - 0,3)$ avec comme valeur maximum $\gamma^* = 16 + 200 \delta$
7. Raidisseur transversal à mi-longueur.	$0,6 \leq \alpha \leq 0,935$	$\gamma^* = 6,2 - 12,7\alpha + 6,5\alpha^2$
	$\alpha > 0,935$	Pratiquement sans effet.
<i>Tensions de cisaillement.</i>		
8. Raidisseur à mi-hauteur.		$0,5 \leq \alpha \leq 2,0$ $\gamma^* = 5,4\alpha^2 (2\alpha + 2,5\alpha_2 - \alpha_3 - 1)$
9. Deux raidisseurs identiques au 1/3 de la hauteur.		$0,3 \leq \alpha \leq 1,0$ $\gamma^* = 12,1\alpha^2 (4,4\alpha - 1)$
10. Raidisseur au 1/4 de la hauteur.		$0,5 \leq \alpha \leq 2,0$ $\gamma^* = 7,2\alpha^2 (1 - 3,3\alpha + 3,9\alpha^2 - 1,1\alpha^3)$
11. Raidisseur transversal à mi-longueur.		$0,5 \leq \alpha \leq 2,0$ $\gamma^* = \frac{5,4}{\alpha} \left(\frac{2}{\alpha} + \frac{2,5}{\alpha^2} - \frac{1}{\alpha^3} - 1 \right)$
12. Deux raidisseurs identiques au 1/3 de la longueur.		$1,0 \leq \alpha \leq 3,3$ $\gamma^* = \frac{12,1}{\alpha} \left(\frac{4,4}{\alpha} - 1 \right)$
13. Raidisseur transversal au 1/4 de la longueur.		$0,5 \leq \alpha \leq 2,0$ $\gamma^* = \frac{7,2}{\alpha} \left(1 - \frac{3,3}{\alpha} + \frac{3,9}{\alpha^2} - \frac{1,1}{\alpha^3} \right)$

FIG. 24. — Valeurs de γ^* .

dans le tableau de la figure 24 pour la flexion pure et le cisaillement pur.

Dans les grands ponts modernes, chaque panneau d'âme peut comporter plusieurs raidisseurs horizontaux; ainsi, leur nombre atteint quatre dans certains panneaux du pont de Cologne-Deutz, dont je vous ai parlé au début de cette causerie (fig. 25 a). On peut aussi rencontrer le cas de raidisseurs verticaux et horizontaux croisés dans un même panneau (fig. 25 b). Il n'y a pas actuellement de règle précise qui permette de dimensionner de tels raidisseurs, vu qu'ils réagissent l'un sur l'autre. On résout provisoirement le problème en les dimensionnant indépendamment l'un de l'autre, mais il n'est pas certain que cette manière de procéder donne toute sécurité.

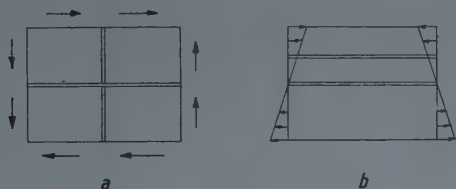


FIG. 25.

C. — Examen critique de la notion de rigidité optimum.

Il faut d'ailleurs bien souligner que la notion de rigidité optimum γ^* est une notion purement théorique, basée sur la théorie linéaire des plaques. Or, les premiers essais dont je vous ai rendu compte tout à l'heure vous ont montré à quel point le comportement réel des âmes diffèrait des prévisions de cette théorie. Il faut donc s'attendre à ce que la notion de rigidité optimum comme celle de charge critique de voilement, ne soit qu'une caricature de la réalité. En particulier, une question se pose directement : la théorie dit bien qu'un raidisseur de rigidité γ^* reste rectiligne sous la charge critique *théorique* de voilement, mais elle ne nous donne aucun renseignement sur ce qui se passera dans le domaine postcritique; or, ce domaine a une signification pratique très grande, puisque les coefficients de sécurité au voilement sont très réduits et que la charge ultime est d'habitude de l'ordre de grandeur du double de la charge critique théorique.

Il était donc indispensable d'entreprendre des essais en vue de confronter la notion de raidisseur strictement rigide avec l'expérience et en particulier d'étudier le comportement de tels raidisseurs dans le domaine postcritique.

Les essais correspondants sont en voie d'achèvement à l'Université de Liège; leurs résultats seront publiés prochainement.

D. — Choix de l'épaisseur de l'âme et de l'emplacement du raidisseur horizontal.

Laissons provisoirement de côté ce problème et supposons que le raidisseur du panneau considéré ait été choisi suffisamment rigide pour ne pas être du tout entraîné par l'âme; il se pose alors le double problème suivant :

1° Quelle est la charge critique de l'âme raidie et par conséquent l'épaisseur qu'il convient de lui donner ?

2° Quelle est la position optimum du raidisseur horizontal ?

Montrons d'abord comment on peut résoudre pratiquement le premier problème, c'est-à-dire déterminer rapidement le coefficient de sécurité au voilement d'un panneau muni d'un raidisseur horizontal, quelle que soit la position de ce dernier.

Il faut pour cela, rendre applicable aux panneaux raidis l'abaque dont je vous ai parlé plus haut; il suffit, dans ce but, d'y remplacer les expressions des coefficients de voilement k_1, k_2 , relatives au panneau non raidi par les expressions publiées dans la littérature pour les panneaux raidis de diverses manières. Ce changement modifie la forme des courbes α , donc le quatrième quadrant de l'abaque, mais laisse inchangés ses trois premiers quadrants. Il en résulte qu'il suffit de disposer, à côté de l'ancien réseau de courbes α , de nouveaux réseaux relatifs aux panneaux raidis horizontalement.

Pour limiter l'encombrement, on s'est borné à faire figurer sur l'abaque deux nouveaux réseaux de courbes, qui s'appliquent respectivement au panneau muni d'un raidisseur médian et au panneau muni d'un raidisseur situé au milieu de la zone comprimée.

Abaque auxiliaire permettant de déterminer la position optimum du raidisseur horizontal dès que le rapport τ/σ est connu.

On sait par la théorie que la position optimum d'un raidisseur horizontal en cas de flexion pure est au cinquième supérieur de la hauteur de l'âme. Dès qu'interviennent des tensions de cisaillement, le raidisseur doit être abaissé pour réduire la hauteur de la portion du panneau d'âme située sous le raidisseur et augmenter la stabilité au voilement par cisaillement.

Dans le cas extrême où le panneau est sollicité au cisaillement pur, la position optimum du raidisseur est évidemment à mi-hauteur.

L'abaque qu'on vient d'examiner permet de résoudre tous les problèmes qui se posent dans un panneau muni d'un raidisseur horizontal de position déterminée, mais il ne permet pas de choisir la position optimum qu'il convient de donner à ce raidisseur.

Pour combler cette lacune, nous avons tracé un abaque supplémentaire (fig. 26), qui donne directement, pour chaque valeur de τ/σ , la position du raidisseur rigide qui relève le plus la stabilité du panneau. Dans cet abaque cartésien, on a porté en abscisses σ/σ_e et en ordonnées τ/σ_e . On y a dessiné les courbes d'interaction entre les tensions normales et tangentielles critiques pour diverses valeurs du rapport des côtés du panneau $\alpha = a/b$, et pour des raidisseurs situés respectivement au milieu, au tiers, au quart et au cinquième supérieur du panneau d'âme.

On remarque sur l'abaque des courbes en trait mixte qui divisent sa surface en quatre régions, numérotées 2, 3, 4 et 5.

Pour utiliser l'abaque, on calcule le rapport $\alpha = a/b$ puis on cherche la valeur moyenne que prend le rapport τ/σ pour les sollicitations du panneau les plus dangereuses au point de vue voilement. On suit alors la droite radiale de cote τ/σ et on se fixe sur le point d'intersection de cette droite avec la courbe de cote α . Selon la région 2, 3, 4 ou 5 dans laquelle tombe le point considéré, le raidisseur est au milieu, au tiers, au quart ou au cinquième de la hauteur.

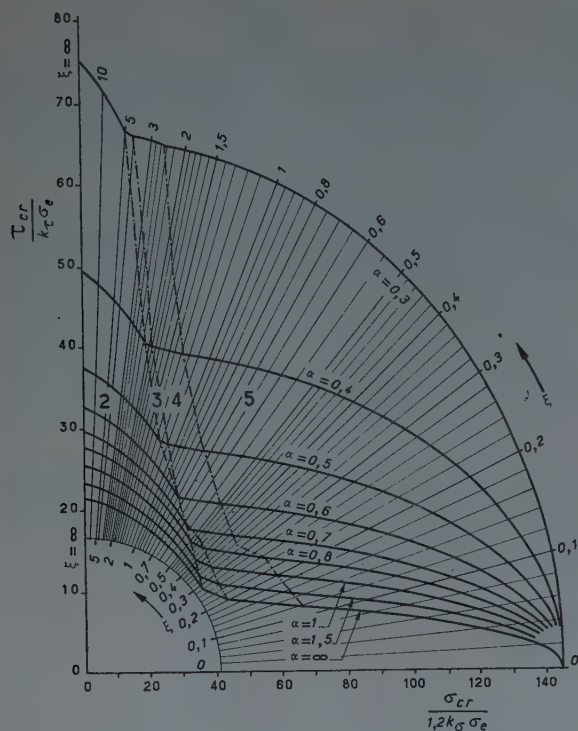


FIG. 26.

VI. — Autres développements possibles des poutres à âme pleine.

Dans toutes nos recherches expérimentales, nous nous sommes cantonnés jusqu'à présent dans l'étude des poutres classiques en double té. Je crois cependant, que ce profil est susceptible de perfectionnements importants. En particulier, le fait expérimental que la ruine de la poutre survient presque toujours par flambement plastique de la semelle comprimée devrait nous pousser à relever la stabilité de cette semelle en la constituant d'un profil tubulaire.

Je voudrais attirer brièvement l'attention sur le profil proposé par le professeur DÖRNEN, qui réalise cette condition. Ce profil est composé d'une âme, de deux semelles et de deux cornières placées comme l'indique la figure 27, le tout étant assemblé par soudure.

Les raidisseurs sont également formés de cornières soudées sur l'âme par leurs ailes et constituent eux aussi des profils à section fermée extrêmement rigides en torsion.

On voit que, dans cette conception, non seulement la hauteur de l'âme est diminuée, mais cette âme peut être

considérée comme parfaitement encastree sur tout son pourtour, ce qui relève considérablement sa stabilité.

Il serait extrêmement intéressant de faire l'étude théorique de ce genre de poutre au point de vue du voilement et de réaliser en même temps des essais à grande échelle.

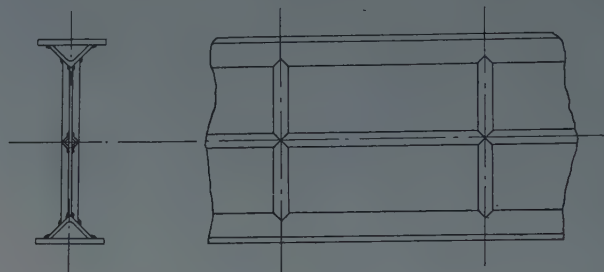


FIG. 27.

Signalons aussi, en passant, la conception du professeur SHANLEY avec qui j'ai eu l'occasion de m'entretenir de ces questions. M. SHANLEY envisage de réaliser l'âme des grandes poutres à l'aide d'une tôle ondulée verticalement ou portant des gaufres emboutis de forme adéquate, comme cela se fait déjà en construction aéronautique.

VII. — Conclusions.

Et maintenant, il est temps de conclure en faisant le point des progrès qui ont pu être réalisés.

Je crois que, grâce aux recherches expérimentales, notre connaissance du comportement de l'âme d'une poutre à âme pleine a progressé très sérieusement. On peut actuellement dimensionner les panneaux d'âme avec sécurité, tout en faisant de sensibles économies d'acier.

Il faut bien avouer que la théorie linéaire du voilement des plaques, tout en servant de base aux recherches, a ancré pendant longtemps dans l'esprit des ingénieurs des idées fausses concernant le danger de voilement et a ainsi freiné indirectement les progrès dans la construction.

Comme problèmes importants qui restent à résoudre, il y a d'abord le choix rationnel des dimensions des raidisseurs. Les recherches expérimentales en cours apporteront des indications précieuses à ce sujet, mais elles ne videront pas la question.

Il serait également souhaitable d'entreprendre des essais sur le comportement des raidisseurs placés d'un seul côté de l'âme seulement, car on sait que les nécessités de l'esthétique conduisent souvent à supprimer la majorité des raidisseurs sur les faces extérieures des poutres de rive des ponts métalliques.

Il me reste l'agréable devoir de remercier mes auditeurs pour l'intérêt et la patience qu'ils ont témoignés en écoutant un exposé trop aride et trop long.

DISCUSSION

M. CAMBOURNAC. — Quelqu'un d'entre vous, mes chers collègues, demande-t-il la parole pour obtenir des explications complémentaires de M. MASSONNET ?

M. CAQUOT. — Je tiens à féliciter M. MASSONNET de la clarté de son exposé et en même temps des documents très nombreux qu'il nous a apportés. Je lui signale qu'il y a plus de trente ans que nous avons étudié la question des poutres à âmes ondulées en Aéronautique. Beaucoup d'avions avaient des âmes ondulées. Tous les Bréguets 19 en aciers spéciaux utilisaient l'acier de leurs âmes sans voilement par l'ondulation. Je suis heureux que M. MASSONNET rappelle l'intérêt de cette disposition.

M. MASSONNET. — Je crois qu'il n'y a pas assez de liaison entre le domaine aéronautique et le domaine du Génie Civil. Le pays où ce fait est le plus marquant est l'Amérique où en Aéronautique les recherches sont extrêmement poussées, tandis que le Génie Civil est moins développé qu'en Europe. Cela tient à ce que la question des salaires incite à mettre de l'acier et du béton sans se préoccuper des formes constructives. Aux États-Unis et même en Europe, les ingénieurs du Génie Civil ont beaucoup à apprendre de l'Aéronautique. C'est dans ce domaine que la résistance des matériaux évolue maintenant le plus rapidement.

M. LAZARD. — La très belle conférence de M. MASSONNET comporte tellement de choses que, pour ne pas allonger la séance, je ne ferai allusion qu'à un nombre de points très restreint.

1° Vous avez évoqué les recherches des formes de voilement depuis les âmes les plus minces jusqu'aux plus épaisses. Les photographies d'âmes très minces obtenues en aviation montrent une série de petits plissotés. Lorsqu'on augmente l'épaisseur on a un certain nombre de plis qui se concentrent vers la diagonale. Quand on augmente encore l'épaisseur il ne se forme plus un pli, mais une déformation assez grossière au voisinage d'une diagonale. Quand on augmente encore on a vraiment la cloque, c'est-à-dire quelque chose de sphérique. Si l'on va encore plus loin, en particulier dans nos essais sur H de 1 m de hauteur, on arrive à une déformation telle que cela ressemble à la marque que laisserait une étrave de bateau bien pointue qui serait rentrée dans une plaque plane. Il y a donc transition continue des formes. Les valeurs auxquelles on passe d'une forme à l'autre sont extrêmement variables.

2° Vous avez fait ensuite allusion à vos propres essais et à ceux de MM. WASTLUND et BERGMAN. Il y a encore les essais faits par R. STEPHENSON au moment où il construisait le pont Britannia. J'ignore si vous possédez les éléments nécessaires pour les exploiter et en tirer des conclusions, je crois que ce serait primordial et du plus grand intérêt.

3° J'enchaîne sur les expériences faites à la S. N. C. F., où beaucoup de lignes ont été créées par des ingénieurs britanniques, peu de temps après le pont Britannia. Il n'en subsiste malheureusement que très peu, beaucoup ayant été ruinés par les inondations. Nous avons fait des essais il y a quelques années sur un des tout derniers ponts restants : il a une âme de 6,50 m de haut avec des raidisseurs verticaux extrêmement rapprochés. La valeur critique quand on applique la formule de Timoshenko est de 1 kg/mm² et la valeur effective sur laquelle on se basait depuis longtemps était très supérieure. Comme il s'agissait de faire passer dorénavant des machines plus lourdes j'ai été amené à faire des essais, en conclusion desquels nous avons été parfaitement rassurés. C'est ce qui m'amène à penser que dans certains cas les coefficients de sécurité peuvent être, en toute sécurité, choisis nettement plus petits que 1 et non avec valeurs 1,15-1,35 que vous préconisez. Je n'ai pas eu le temps de faire appliquer vos abaques au calcul de cet ouvrage, je vous dirai plus tard ce qu'il en est.

4° Pour rester dans le domaine pratique je pense qu'il serait également intéressant de connaître les essais que vous achevez à Liège : combinaison de raidisseurs verticaux et horizontaux. J'en ai fait aussi quelques-uns dans lesquels je n'ai conduit les raidisseurs verticaux que de la partie de l'âme comprimée, jusqu'à la fibre neutre, pensant que la partie inférieure n'offrirait pas d'intérêt. Les raidisseurs horizontaux étaient à peu près à mi-hauteur de la partie comprimée (étant donné l'épaisseur de semelle la position ne peut pas être définie avec précision).

Nous étions au voisinage de ce que vous appelez le quart ou le cinquième de la hauteur à partir de la fibre la plus comprimée. L'effet de ces raidisseurs verticaux arrêtés à la fibre neutre et horizontaux, a été absolument déterminant : partout où il y en fut posé, il n'y a pas eu de cloquage, il ne s'est rien passé dans l'âme. Il y a peut-être là un domaine de recherches pour économiser l'acier et la soudure : on évite la moitié de la soudure verticale, ce qui n'est pas négligeable.

M. MASSONNET. — Je vais répondre brièvement à M. LAZARD. Je suis tout à fait d'accord que l'intervention du professeur TIMOSHENKO au Congrès de Paris qui a fait introduire dans les règlements la valeur $b/e = 170$ a été une intervention malheureuse. Elle a freiné les progrès pendant de longues années.

En ce qui concerne le pont de STEPHENSON, je suis au courant de la question puisque vous avez bien voulu m'envoyer un plan de ce pont. Je pense qu'il s'agit là en effet d'un cas exceptionnel où le rapport b/e est extrêmement grand. Je connais les expériences de STEPHENSON sur les vieux ponts britanniques, mais je ne sais pas s'il sera possible de retrouver les dimensions exactes et les mises en charge nécessaires pour revaloriser ces essais. En général quand on essaye de valoriser de vieux essais dans le domaine de la fatigue, on trouve toujours qu'il manque une donnée essentielle. Néanmoins je dois attirer l'attention sur le fait que ces ponts correspondent à des rapports b/e qui sont énormes.

En ce qui concerne les poutres avec des raidisseurs verticaux très rapprochés, je dois dire que je n'ai pas ausculté de poutres de ce genre. Je dois avouer que lorsque je préconise 1,15-1,35, j'ai le sentiment d'être un monsieur très prudent. 1,35 vient de ce que les Allemands prennent une valeur à l'heure actuelle qui est du même ordre de grandeur. Ce 1,35 utilisé actuellement en Allemagne vient du 1,8 qui est abaissé chaque année. J'ai simplement transformé le 1,35 applicable au voilement par flexion en 1,15, parce que je pense qu'il y a possibilité de gagner. Je suis parfaitement convaincu que pour des panneaux d'âme de rapport b/e grand on peut descendre en dessous de l'unité. D'ailleurs le Dr BERGMAN a fait à la suite de ces recherches expérimentales une étude théorique dans laquelle il préconise des coefficients de sécurité de 0,85. De sorte qu'il est parfaitement possible de faire travailler en service à la charge critique de voilement et même au delà. Je suis tout à fait persuadé que cela n'offrira aucun inconvénient. Ce qu'il importe de voir en faisant abstraction des raidisseurs horizontaux c'est s'il reste un nombre de raidisseurs verticaux assez grand pour qu'il se développe des diagonales, des treillis équivalents à la poutre à âme pleine. C'est la vieille conception des raidisseurs verticaux.

En ce qui concerne le dernier point que vous avez évoqué : l'utilisation de raidisseurs qui ne s'étendent pas sur toute la hauteur, je pense que c'est une très bonne idée. En Belgique, nous préconisons pour des raisons de soudure des raidisseurs de ce genre, mais je n'ai pas d'expérience personnelle et je pense qu'en fait si vous parvenez à limiter le panneau dans la zone comprimée, la partie manquante du raidisseur ne doit pas jouer un rôle fort défavorable. Néanmoins, je crois que nous ne pourrions pas nous lancer dans l'utilisation de raidisseurs de ce genre sans faire des essais.

M. CAMBOURNAC. — Je suis sûr d'être votre interprète en exprimant à notre conférencier nos félicitations et nos remerciements pour son remarquable exposé. Sous une forme claire et parfaitement ordonnée où transparaît le professeur, cet exposé nous l'a montré aussi savant théoricien qu'habile expérimentateur. Les abaque qu'il a mis sous nos yeux nous ont appris de surcroît, qu'il ne se laissait pas rebuter par l'aridité de calculs laborieux et interminables.

La discussion qui s'est ouverte à la suite de cet exposé a manifesté l'intérêt que nous portons en France aux questions concernant les poutres à âmes pleines, poutres dont on a pu dire qu'on n'était guère fixé sur la manière dont les efforts s'y propagent et s'y répartissent alors qu'on n'a pas d'incertitude de cette nature dans le cas des poutres à treillis.

J'ai l'impression que sur ce thème s'est amorcée ce soir une

collaboration internationale telle que l'Association des Ponts et Charpentes a formulé le vœu d'en voir s'établir sur certains des problèmes traités au Congrès de Cambridge en septembre dernier. J'espère qu'elle se poursuivra par des échanges de vues de part et d'autre de la frontière et je ne doute pas qu'elle sera fructueuse.

J'ai été vivement intéressé d'autre part, par les suggestions concernant la constitution à donner aux poutres à âme pleine lorsque les éléments doivent en être assemblés par soudage et non plus par rivetage. La voie se trouve ainsi ouverte à une nature de recherches qui peuvent conduire à de notables progrès d'ordre économique aussi bien que technique si ingénieurs et constructeurs font preuve d'imagination et d'ingéniosité. C'est le mérite de M. MASSONNET d'avoir attiré notre attention sur ces recherches et de cela aussi en votre nom à tous je tiens à le remercier.

(Reproduction interdite.)

MANUEL DE LA CHARPENTE EN BOIS (XIV).

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

LE TRAIT DE CHARPENTE

Par **M. J. JAROUSSEAU,**

Professeur d'Enseignement Manuel et Technique des Écoles professionnelles de la Ville de Paris. Ex-Commis d'Entreprise.

TROISIÈME PARTIE

L'ESCALIER (I)

Conception et exécution des escaliers, leurs caractéristiques générales.

SOMMAIRE

	Pages.		Pages.
Introduction.....	1082	6° L'escalier à l'anglaise ou à demi-onglet.....	1090
Éléments constitutifs d'un escalier.....	1082	7° L'escalier à colonne centrale.....	1090
Giron et hauteur des marches d'un escalier.....	1087	Tracé et exécution des escaliers.....	1091
Différents genres d'escaliers.....	1088	a) Projet et épures d'escaliers.....	1091
1° L'échelle meunière.....	1088	b) La préparation des bois.....	1094
2° L'escalier à la française à volées droites.....	1088	1° Débit.....	1094
3° L'escalier à la française à quartier tournant à marches balancées.....	1089	2° Corroyage.....	1098
4° L'escalier à la française avec noyaux.....	1089	3° Établissement des bois.....	1098
5° L'escalier à la française avec limon courbe.....	1089	4° Exécution des assemblages et des encastresments.....	1102
		5° Mise dedans et finition.....	1103
		6° Pose.....	1103

INTRODUCTION

Pour accéder aux différents étages d'un même bâtiment, on utilise généralement l'escalier. Ce dernier est un ouvrage qui doit être construit solidement et posséder une largeur suffisante, car s'il permet le passage des personnes, il est aussi utilisé pour la manutention d'objets plus ou moins lourds et encombrants : meubles par exemple.

La forme d'un escalier et son exécution dépendent, en général, du lieu qui lui est réservé. En effet, si un tel ouvrage doit être destiné à une maison d'habitation, à un magasin, à un hôtel particulier, à un atelier, voire même

à desservir un grenier, la forme de cet escalier, sa décoration et son exécution seront différentes.

L'étude des escaliers représente un sujet très vaste si l'on veut examiner tous les cas qui peuvent se présenter, mais si les genres d'escaliers sont nombreux et varient beaucoup par leurs détails, nous retrouvons cependant dans chacun d'eux les mêmes éléments essentiels et l'emploi des mêmes principes d'exécution.

Ce sont ces éléments et ces principes que nous allons examiner.

ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS D'UN ESCALIER

Prenons comme exemple l'ouvrage représenté figure 106. C'est un escalier dit à *marches droites* et d'un genre très simple, mais dont les différentes parties vont se retrouver dans tous les cas.

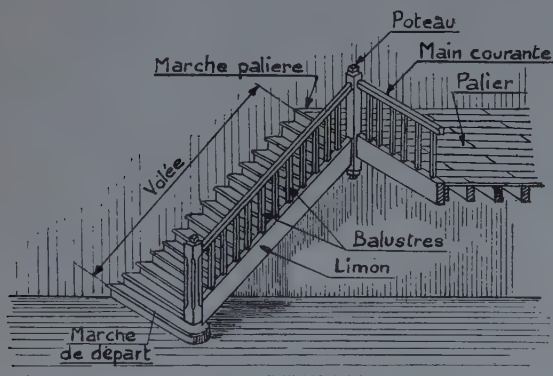


FIG. 106. — Éléments constitutifs d'un escalier.

Quels sont donc les éléments que nous distinguons dans cet escalier ? Nous remarquons en premier lieu : les *marches*, ensuite le *limon*, puis les *poteaux*, enfin la *main courante* et les *balustres*.

Marches.

Nous voyons, d'après cette figure, que l'escalier pris comme exemple comporte quinze marches *consécutives*. Cette suite ininterrompue, constitue ce que l'on appelle une *volée*. Nous y distinguons la *marche de départ*, qui est la première à monter et celle *d'arrivée*, qui se trouve placée la dernière. Au même niveau que celle-ci se trouve une sorte de plate-forme ou large surface horizontale située à hauteur d'étage que l'on nomme *palier d'arrivée*.

Du fait de leur conception, les marches permettent aux personnes les utilisant d'avoir un emplacement pour poser leurs pieds afin de gravir l'escalier.

Chaque marche se compose de deux éléments (fig. 107) :

1° *Le dessus de marche*, qui est la partie placée de niveau et sur laquelle se pose le pied.

2° *La contremarche*, ou partie verticale qui relie deux marches consécutives en formant un fond.

La première est constituée par une planche en bois dur de préférence, prélevée dans des épaisseurs brutes de 34, 41 ou même 54 mm. Cette dimension dépend généralement de l'embranchement.

La seconde, plus mince, n'a que 18 à 25 mm d'épaisseur et n'est pas toujours de même bois que les marches, cela par mesure d'économie.

RÉSUMÉ

Le présent article donne la description des éléments constitutifs de l'escalier : marches, contremarches, limon et crémaillère, poteaux, balustres et mains courantes, puis l'étude du giron et des hauteurs de marches et la classification des escaliers. Il traite ensuite de l'étude des projets, du tracé des dessins d'exécution et du tracé des épures de chantier. Il décrit la préparation des bois, le tracé du délit des marches, l'établissement des limons et des crémaillères, le tracé sur l'épure des balustrades, l'exécution des assemblages et des encastrement, la finition à l'atelier, enfin la pose à pied d'œuvre.

SUMMARY

This article describes the constituting elements of stairs : steps, risers, stringers, posts, balusters and hand rails; then comes the investigation of the tread and height of the steps and the classification of stairs. Subsequently, it deals with design and plotting of workshop and field drawings. It describes the preparation of the wood, the plotting of the steps, the execution of the stringers and racks, the laying out of the balustrades, the making of joints and embeddings, the shop finishing and, in conclusion, the laying of the stairs on site.

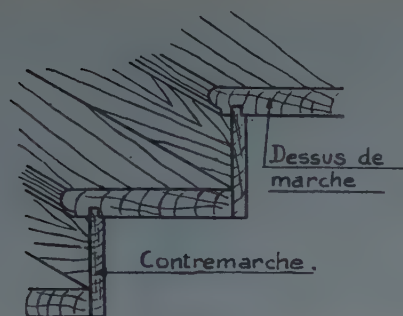


FIG. 107.

La contremarche est assemblée à angle droit sous le dessus de marche, un peu en arrière du nez de cette marche, par une languette bâtarde (fig. 108). Elle est ensuite simplement clouée sur le champ arrière de la marche inférieure et comporte généralement un élégi formant épaulement.

Le recouvrement ainsi obtenu, qui varie de 35 à 45 mm suivant l'épaisseur des marches, est mouluré. La moulure appelée *astragale*, est composée généralement d'un quart de rond avec filet.

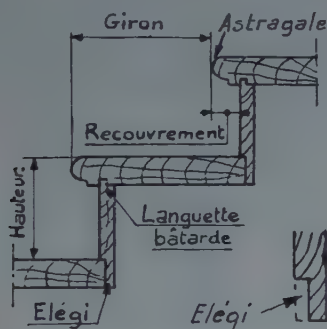


FIG. 108. — Détail des marches.

Si nous examinons cette même figure, nous voyons que la largeur d'une marche, mesurée horizontalement de son nez à celui de la marche suivante est dite *giron*. C'est la *largeur utile*, qu'il ne faut pas confondre avec la largeur réelle de la marche.

Le giron est le même pour toutes les marches dans cet escalier. De plus, comme nous pouvons le remarquer sur la figure 109, ces marches sont placées d'équerre au limon; elles sont donc semblables. Dans ce cas elles sont dites *droites* ou *parallèles*.

Leur longueur peut varier suivant l'*emmachement* adopté [on nomme ainsi la longueur intérieure des marches (fig. 109)]. Cet emmachement peut être de 0,60 à 0,80 pour les escaliers de dégagement ou de service; 0,90 à 1,15 pour ceux construits couramment dans les habitations; 1,20 à 1,50 et plus pour les grands escaliers.

La marche de départ de même que celle d'arrivée sont différentes des autres.

Voyons la première (fig. 110), elle donne l'impression de servir de *socle*, c'est-à-dire d'assise à l'escalier. Pour cela

elle saillit au pied du limon. Le dessus de marche affecte une forme dont la contremarche suit le profil. Cette dernière est alors renforcée par une masse de bois appelée *tête*, comme nous le montre la figure 111.

Ces têtes massives se font parfois en plusieurs morceaux lorsque les dimensions de la marche sont importantes. L'arrondi est aussi remplacé dans d'autres cas, par une forme à *pans coupés*.

Examinons, en second lieu, la marche d'arrivée appelée aussi *marche palière* ou *plaque*. Placée au niveau du palier, elle reçoit l'assemblage des lames de parquet de ce palier. Bien moins large que les marches de la volée, elle se réduit à une sorte d'*alaise*. Celle-ci est parfois élégiée à l'épaisseur du parquet lorsqu'elle doit reposer sur une solive en bois comme c'est le cas de la figure 112.

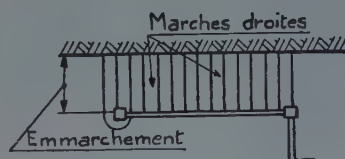


FIG. 109.

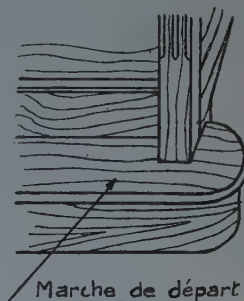


FIG. 110.

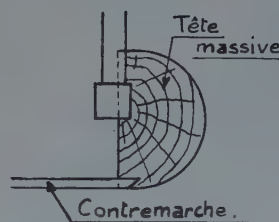


FIG. 111.

Détail des marches de départ.

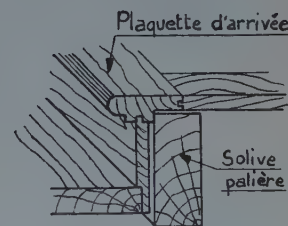


FIG. 112.

Détail de la marche palière.

Limon.

Voyons maintenant comment se trouvent maintenues les marches et les contremarches à chaque extrémité.

Tout d'abord du côté du limon, elles sont *encastrées* dans ce dernier d'une profondeur qui varie de 15 à 20 mm suivant l'épaisseur de ce limon (fig. 113).

Du côté du mur, elles sont portées par une planche découpée que l'on appelle *crémaillère* (fig. 114), sur laquelle sont clouées les marches.

Examinons la forme de ces deux éléments.

Le limon dont le but est de supporter les marches peut avoir une épaisseur variable. Cette dernière dépend généralement de l'emmachement. Par exemple, il est normal

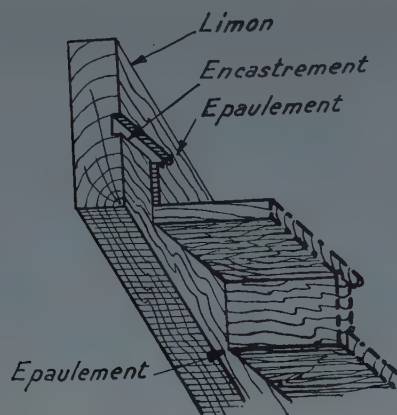


FIG. 113. — Assemblage des marches sur le limon.

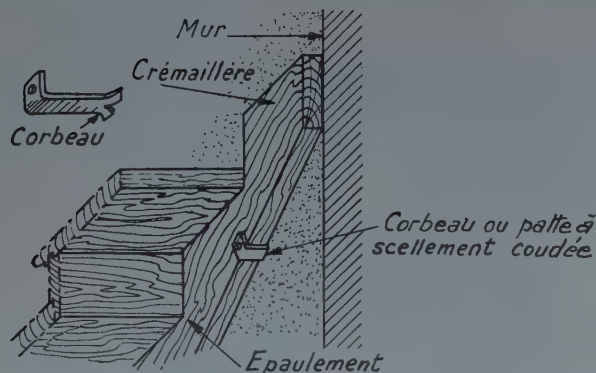


FIG. 114. — Assemblage des marches sur la crémaillère.

de donner 8 cm d'épaisseur au limon d'un escalier ayant 1 m d'embranchement.

Sa largeur est tributaire des encastrements effectués sur la face intérieure. En effet, comme vous pouvez le remarquer sur la figure 113, il est nécessaire de laisser une certaine largeur de bois au-dessus et au-dessous des encastrements : c'est ce qu'on appelle l'épaulement (ou socle). Cette distance qui doit être la même au-dessus de tous les nez de marche, l'est aussi en dessous des contremarches dans le cas que nous examinons. Variant de 3 à 5 cm elle peut être augmentée lorsque la pièce de bois est moulurée. Ainsi se trouve déterminée la largeur constante du limon ; ce dernier étant appelé *limon droit* dans le cas que nous examinons. Du fait qu'il comporte des encastrements de marche, cet élément prend le nom de *limon à la française* ⁽¹⁾.

La crémaillère est appliquée et fixée contre le mur par des corbeaux ou pattes à scellement coudées, qui y sont scellées en nombre suffisant (fig. 114).

L'épaisseur de cette crémaillère est généralement la

⁽¹⁾ Comme nous le verrons par la suite, il existe aussi des escaliers dits à l'anglaise ; dans ceux-ci le limon est découpé comme une crémaillère et les marches reposent sur ses crans (voir fig. 135).

moitié de celle du limon sans toutefois descendre au-dessous de 34 mm dans les escaliers à petit embranchement, car le clouage des marches serait difficile à effectuer.

Les crans que nous voyons sont déterminés par la largeur du dessous des marches, et par la hauteur de la face arrière des contremarches. Pour ne pas trop affaiblir cette planche découpée, il est bon de laisser un épaulement de 6 à 8 cm environ assurant ainsi une largeur de bois suffisante sous les crans, ou bien de ménager un renfort dans le fond de ces crans, afin d'obtenir une résistance suffisante comme nous le verrons par la suite.

Poteau.

Après les marches et le limon, nous avons remarqué particulièrement les poteaux.

Nous voyons que ces pièces de bois, appelées aussi pilastres, sont placées verticalement au départ et à l'arrivée de notre escalier, pour y recevoir l'assemblage du limon et aussi celui de la main courante.

Le premier s'appelle *poteau de départ* et le dernier, *poteau d'arrivée*. L'un et l'autre sont généralement de section carrée : 10 × 10, 12 × 12 et même davantage, suivant l'importance du limon. Dans les escaliers modernes la face des poteaux et leurs arêtes sont moulurées (fig. 115)

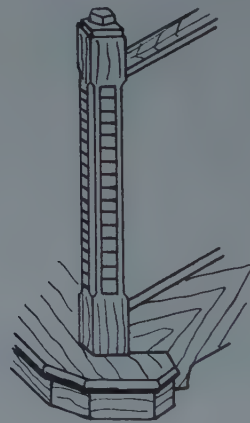


FIG. 115. — Poteau de départ mouluré.

et la partie extrême ou tête est découpée suivant une forme appropriée. D'autres fois les poteaux sont *tournés* sur une partie de leur longueur (fig. 116). De toute façon, le tournage et la mouluration des poteaux sont arrêtés à quelque distance de leur assemblage avec le limon et la main courante, afin de permettre ces assemblages.

Ces assemblages peuvent s'effectuer à tenon et mortaise (fig. 117). Dans ce cas, ils doivent être chevillés. Dans les escaliers soignés, d'autres moyens sont employés : le limon, par exemple, est *encasté* de 1 cm environ dans les poteaux et maintenu assemblé par un boulon (fig. 118) ou mieux par un *boulon tirefond* dont l'écrou est dissimulé dans l'encastrement d'une marche ou en dessous.

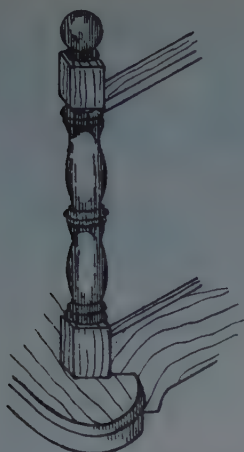


FIG. 116. — Poteau de départ tourné.

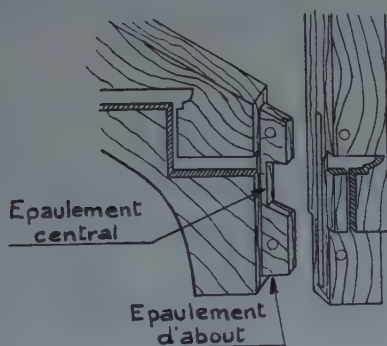


FIG. 117. — Assemblage à tenons et mortaises du limon et du poteau de départ.

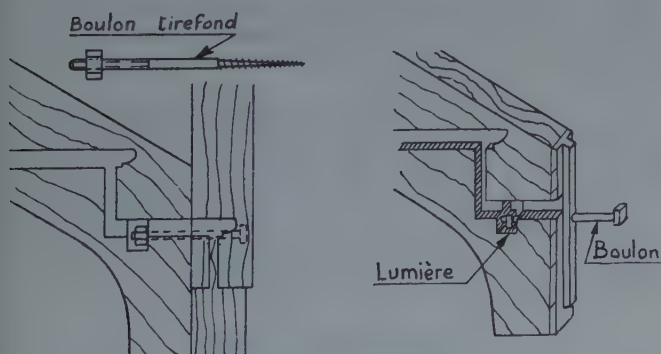


FIG. 118. — Assemblage par boulon du limon et du poteau de départ.

Le pied du pilastre de départ peut comporter un *éégi*, permettant l'assemblage avec la tête de marche. Cet assemblage s'effectue comme une sorte d'enfourchement (fig. 119). La fixation du poteau et de la tête massive est effectuée à l'intérieur et sous la marche au moyen d'une vis à tête carrée.

Nous voyons aussi sur cette figure que le limon se termine de façon à former une *assise* sur le sol, derrière la tête de

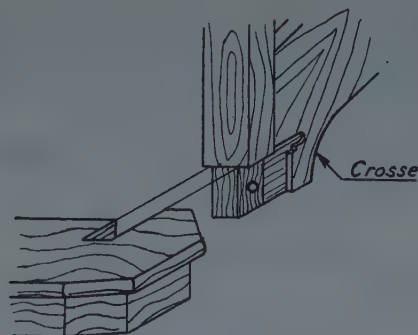


FIG. 119. — Assemblage du pilastre de départ sur la tête de marche.

marche. Cette partie chantournée du limon que l'on appelle la *crosse*, est généralement un apport de bois que l'on fixe par collage, afin d'augmenter la largeur du limon à cet endroit.

La figure 120 nous montre la fixation du pied du poteau d'arrivée contre la solive palière de l'étage, qui est ici en bois. Une entaille d'environ 15 mm formant repos sur la solive, renforce cette fixation effectuée par une vis à tête carrée. Cette entaille n'est pas toujours exécutée. Elle est alors remplacée par une cornière métallique fixée par une vis à l'intérieur d'une entaille pratiquée sur le poteau. Cette cornière assure ainsi le repos du poteau sur la solive.

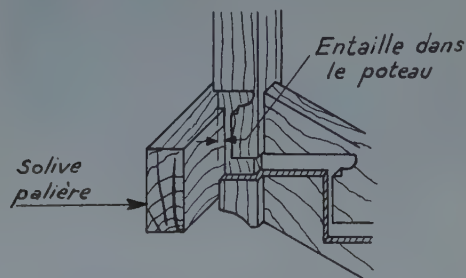


FIG. 120. — Fixation du poteau d'arrivée contre la solive palière.

L'extrémité inférieure du poteau affleure le limon en dessous et forme raccord avec le plafond. Il n'en est pas toujours ainsi et la plupart du temps, cette extrémité comporte une tête qui saillit sous le plafond (fig. 121).

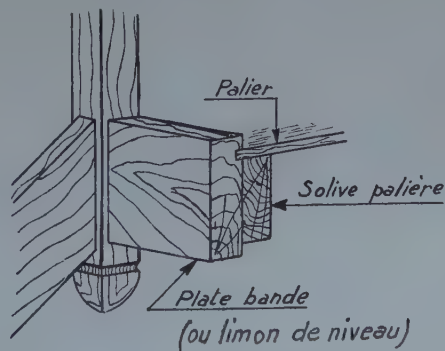


FIG. 121. — Assemblage du poteau d'arrivée, du limon, de la plate-bande et de la solive palière.

Cette figure nous montre aussi une pièce de bois placée horizontalement devant la solive palière et s'assemblant avec le poteau. C'est la *plate-bande*, ou limon de niveau, qui va aider à construire la *balustrade* clôturant le palier à l'arrivée.

Puisque nous en sommes à cette balustrade, examinons ses divers éléments :

Balustrade et rampe.

Elle est composée d'une *main courante* formant *garde-corps*, et d'une série de *balustres*, s'assemblant en tête sous cette main courante et en pied sur la plate-bande. Nous avons déjà remarqué ces éléments sur la figure 106 représentant notre escalier. En effet, cette balustrade est de même composition que la *rampe*, formée par l'ensemble des balustres et de la main courante, établie au-dessus du limon *rampant* supportant les marches.

Comme nous le remarquons, cette main courante sert d'appui à la personne qui monte l'escalier. Elle doit donc avoir une forme, c'est-à-dire un *profil* qui favorise le glissement de la main. Elle est parfois simplement *arrondie* sur le dessus, dans un escalier ordinaire, comme elle est plus ou moins *moulurée* dans un escalier plus ouvragé. La figure 122 nous en donne quelques profils.

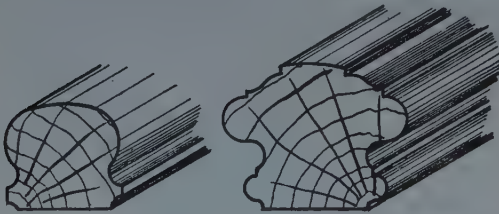


FIG. 122. — Profils de main courante.

Dans un escalier, le *dessus* de la main courante est situé généralement à 0,90 au-dessus des marches, cette mesure étant portée à l'*aplomb* des nez.

Voyons maintenant les balustres. Ce sont de petits montants qui par leur disposition, donnent un aspect plus ou moins décoratif à la rampe. Mais de toute manière ils doivent être disposés de telle façon qu'un enfant ne puisse passer entre eux. On adopte généralement un espacement de 14 à 15 cm d'axe en axe ou bien 10 à 12 cm de vide entre eux.

Les balustres peuvent être *rectangulaires*, *carrés*, *tournés* ou *découpés*. Le façonnage est en rapport avec l'escalier d'une part et les poteaux d'autre part. Ainsi il serait anormal, par exemple, de placer des balustres découpés sur un limon d'escalier de service comme d'avoir, dans un escalier d'appartement, un poteau de départ carré et des balustres tournés.

Cependant, quel que soit le modèle adopté, il est nécessaire de laisser en tête et en pied du balustre, une partie non façonnée permettant l'assemblage. Ce dernier peut s'effectuer à *tenon et mortaise* ou simplement par *embranchement* du balustre sur le limon et sous la main courante, comme nous le prouve la figure 123.

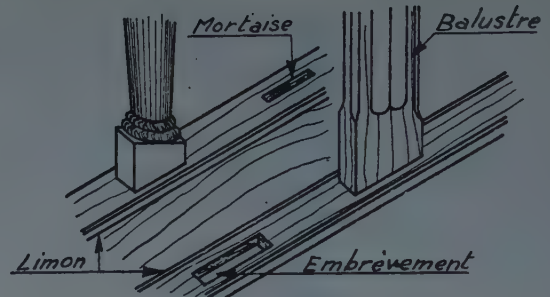


FIG. 123. — Assemblage des balustres sur le limon.

Trémie et échappée.

L'escalier que nous venons d'examiner comporte une *seule volée*. La place qui lui est nécessaire pour se *loger* et s'*élever* du rez-de-chaussée au premier étage, par exemple, se nomme la *cage*. Celle-ci nécessite une *trémie* qui doit être ménagée dans le solivage du plancher de l'étage, soit A, B, C, D (fig. 124).

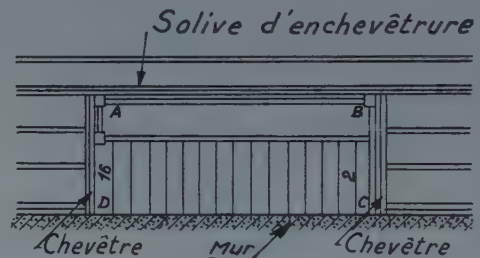


FIG. 124. — Trémie d'escalier.

Cette trémie, constituée de solives d'enchevêtrement et de chevêtres, doit être étudiée au moment de l'établissement du plancher. Il faut donc faire, dès ce moment, une étude sommaire de l'escalier.

Le chevêtre, en effet, ne doit pas gêner la personne qui monte dans l'escalier (fig. 125). Cette pièce doit être placée de façon que la hauteur prise à son *aplomb*, du plafond au-dessus de la marche, soit suffisante pour passer. C'est ce qu'on appelle la *hauteur de l'échappée* : elle est normale à 2,25 m, mais elle peut être abaissée à 2 m et même à 1,80 m pour les escaliers de descente de cave.

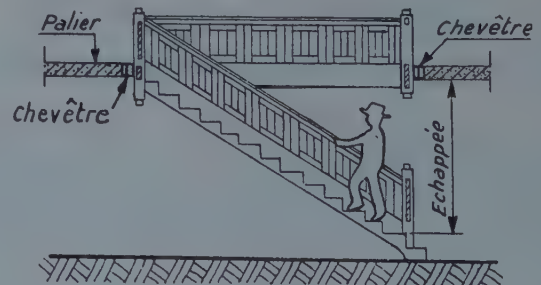


FIG. 125. — Coupe verticale d'un escalier.

Paliers.

Les divers éléments remarquables sur la figure 106 et que nous venons d'examiner vont donc se retrouver dans tous les escaliers, où ils prendront des formes plus ou moins différentes.

Avant d'examiner les différents genres d'escaliers, généralisons quelques termes que nous allons employer par la suite.

Certains escaliers, comme ceux par exemple représentés figures 126 et 127, comportent plusieurs volées pour un même étage.

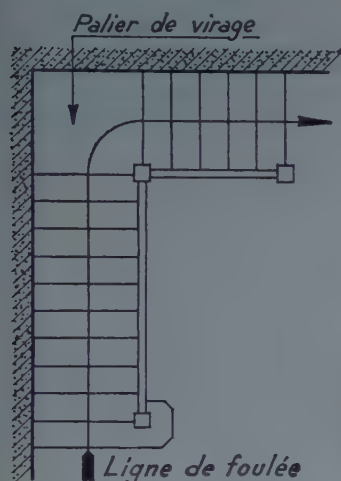


FIG. 126. — Escalier à quartier tournant et palier de virage.

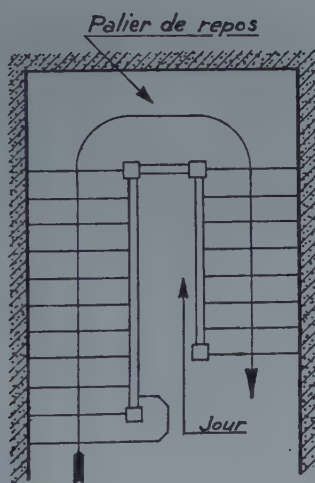


FIG. 127. Escalier à palier de repos.

L'escalier figure 126 en comporte deux, ainsi qu'un palier de virage. Ce dernier est une sorte de plate-forme située à un quartier tournant, c'est-à-dire à un changement de direction.

L'escalier de la figure 127 comporte lui aussi deux volées ainsi qu'un palier dit de repos, du fait de sa disposition et de sa surface très étendue. L'espace libre laissé entre les deux limons, se nomme le jour.

Nous voyons aussi apparaître sur ces épures, une ligne située au milieu de l'emmarchement et appelée ligne de foulée ou de gironnement. C'est la ligne idéale à suivre pour monter ou descendre ces escaliers.

Lorsque ceux-ci sont très larges et dépassent 1 m d'emmarchement, cette ligne se place sur l'épure à 0,50 m du limon et toujours parallèlement à ce dernier. Son tracé a une très grande importance dans les escaliers qui possèdent, comme nous le verrons par la suite, des marches dites balancées, c'est-à-dire qui ont une largeur plus étroite à leur assemblage dans le limon qu'à leur extrémité près du mur. En effet, sur cette ligne de foulée, toutes les marches doivent avoir le même giron, c'est-à-dire la même largeur (fig. 128). De ce fait, le giron des marches d'un escalier se mesure et s'établit sur cette ligne.

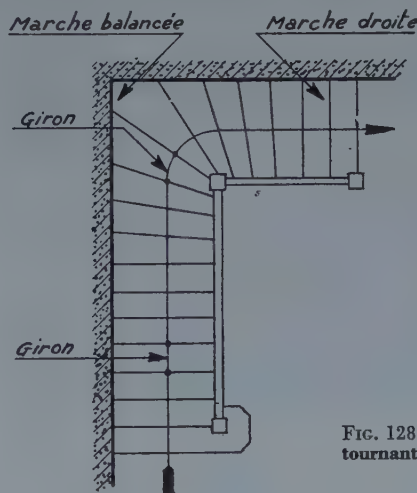


FIG. 128. — Escalier à quartier tournant et marches balancées.

GIRON ET HAUTEUR DES MARCHES D'UN ESCALIER

Le giron des marches dans un escalier bien construit est fonction de la hauteur de ces mêmes marches.

Il est admis depuis longtemps que l'escalier convenant le mieux devrait avoir des marches de 1 pied de giron et 1/2 pied de hauteur, soit de 0,325 m \times 0,1625 m. Cette proportion de 1/2 donne une pente à gravir de 27° environ.

Un homme de taille moyenne dont le pas est de 0,65 m aurait la sensation de faire son pas normal en gravissant cet escalier et n'éprouverait aucune fatigue.

Mais souvent le manque de place réduisant en longueur

la ligne de foulée, oblige à accentuer la pente de l'escalier. Dans ce cas les marches ne peuvent plus conserver la proportion de 1/2.

La hauteur de la marche doit alors varier en raison inverse du giron.

En augmentant la hauteur des marches de 0,01 m chaque fois qu'on diminue le giron de 0,02 m, on obtient la même relation que précédemment.

Pour calculer le giron et la hauteur de ces marches on adopte des formules dites de compensation.

La plus connue est celle dite de BLONDEL, qui est basée sur l'hypothèse que la marche en terrain plat correspond à une longueur normale de pas de 2 pieds : $G + 2h = 0,65$ m (soit : giron + 2 hauteurs de marche = 0,65 m).

Exemple : hauteur de marches adoptée = 0,17 m giron correspondant à adopter = $0,65 - (2 \times 0,17) = 0,31$ m.

Cette règle semble convenir à tous les cas puisqu'elle s'applique aussi bien à l'échelle verticale (giron de longueur nulle) qu'à la marche sur plan horizontal (pas de hauteur nulle). Afin de rendre la formule plus pratique, il y a lieu dans le cas d'escaliers plus raides que le type idéal envisagé précédemment, de réduire le pas à 0,62 m (valeur adoptée par l'A. F. N. O. R.), voire même de descendre jusqu'à 0,60 m et 0,58 m suivant le cas.

D'autres formules sont utilisées. Certains constructeurs prennent : giron + hauteur de marche = 0,48 m. D'autres calculent le giron en divisant le nombre 500 par la hauteur d'une marche ($G = \frac{500}{h}$).

De ce qui précède, il ressort qu'une hauteur de marche de 0,16 m et une largeur de giron de 0,30 m peuvent être considérées comme des dimensions idéales.

Pour les escaliers plus ordinaires d'habitation, le giron pourra descendre à 0,27 m, voire même à 0,25 m pour une hauteur de marche de 0,16 m.

Pour les escaliers de service ou rapides, dont la pente de 45° est à la limite admissible, nous pourrions avoir comme cotes extrêmes 0,20 m \times 0,20 m.

En conclusion, s'il est recommandé de s'écarter le moins possible des rapports qui déterminent la condition idéale pour monter ou descendre un escalier, nous pouvons ajouter que pratiquement ces proportions ne sont pas toujours observées faute de place. En effet, dans la construction économique et même dans les bâtiments relativement soignés, l'emplacement réservé à l'escalier est souvent trop restreint pour qu'il soit permis de l'établir correctement.

DIFFÉRENTS GENRES D'ESCALIERS

Le charpentier est appelé actuellement à exécuter différents genres d'escaliers. Nous distinguerons d'abord ceux construits entièrement en bois, puis ensuite les escaliers en fer et en bois, et enfin ceux dont l'ossature est entièrement métallique.

Si les deux dernières catégories ont beaucoup d'analogies dans leur construction, il n'en est pas ainsi des escaliers entièrement en bois. Ceux-ci comprennent plusieurs types que nous allons examiner en premier lieu.

Nous trouvons donc dans les escaliers en bois :

1° L'échelle meunière (fig. 129). — C'est un escalier droit des plus simples, avec ou sans main courante. Il se compose de deux limons et de marches, mais ne possède jamais de contremarches. En effet, l'échelle de meunier

étant utilisée comme moyen d'accès aux greniers, ou de descente aux caves est généralement mobile et ne possède que peu de reculement du fait parfois de l'emplacement restreint dont on dispose pour la loger. Cela oblige à lui donner peu de largeur de marches.

2° L'escalier à la française à volées droites (fig. 130). — Cet escalier est un type évolué de l'escalier droit étudié



FIG. 129. — Échelle meunière.

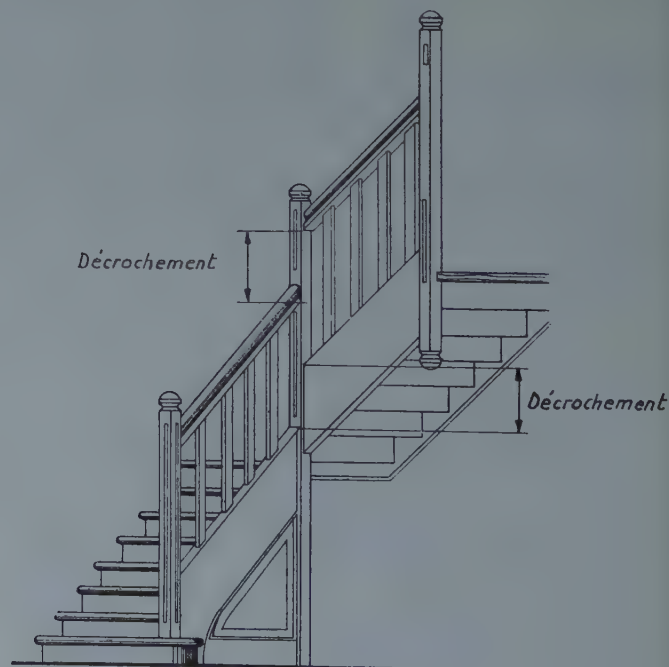


FIG. 130. — Escalier à la française à volées droites, à quartier tournant et palier de virage (correspond à la figure 126 vue en plan).

figure 106. Il se compose de plusieurs volées comportant des limons et mains courantes *droites*. Les marches sont d'équerre aux limons et toutes semblables. Un fait est à remarquer dans ce genre d'escalier, c'est la rencontre des limons et des mains courantes avec les poteaux d'angle des paliers de virage qui ne s'effectue pas à la même hauteur, donnant ainsi un *décrochement* dans les assemblages.

Lorsque cette particularité n'est pas envisagée, il se produit une modification dans la disposition des marches au départ des volées de remontoir. L'assemblage des limons et mains courantes dans les poteaux s'effectue alors au même niveau. Dans ce cas, l'aspect de l'escalier est davantage modifié.

3° L'escalier à la française à quartier tournant à marches balancées (fig. 131). — L'apparition des marches balancées provoque une forme des limons et des mains courantes qui est cintrée en élévation. Le balancement des marches permet de loger l'escalier dans un espace plus restreint. Il oblige donc à répartir le giron de façon à donner aux marches un *collet*, c'est-à-dire une largeur près du limon, qui diminue et augmente progressivement.

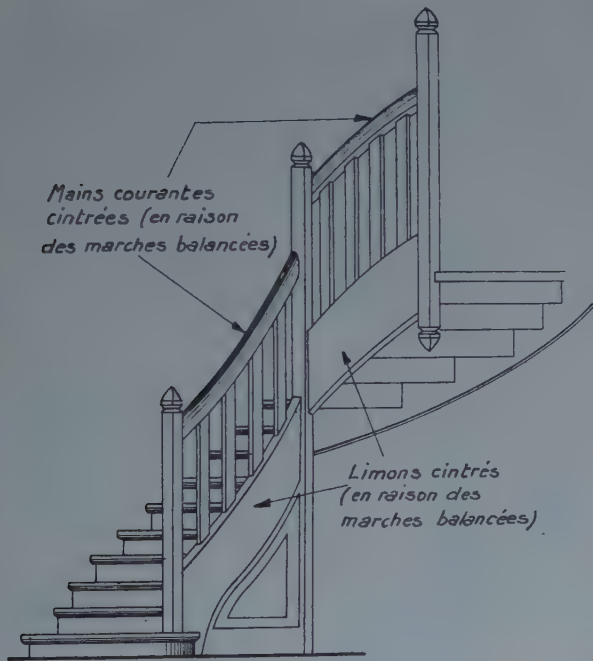


FIG. 131. — Escalier à la française à quartier tournant à marches balancées sur poteau (correspond à la figure 128 vue en plan).

Du balancement dépend la forme des limons mais aussi et plus particulièrement le parcours facile de l'escalier.

4° L'escalier à la française avec noyaux (fig. 132). — Ce type d'escalier diffère du précédent par l'assemblage des limons et des mains courantes qui s'effectue sur un *noyau*, c'est-à-dire sur une pièce de bois arrondie et évidée, remplaçant les poteaux carrés des quartiers tournants.

La surface supérieure des noyaux est toujours *débillardée*, c'est-à-dire qu'elle est taillée hélicoïdalement, donnant ainsi

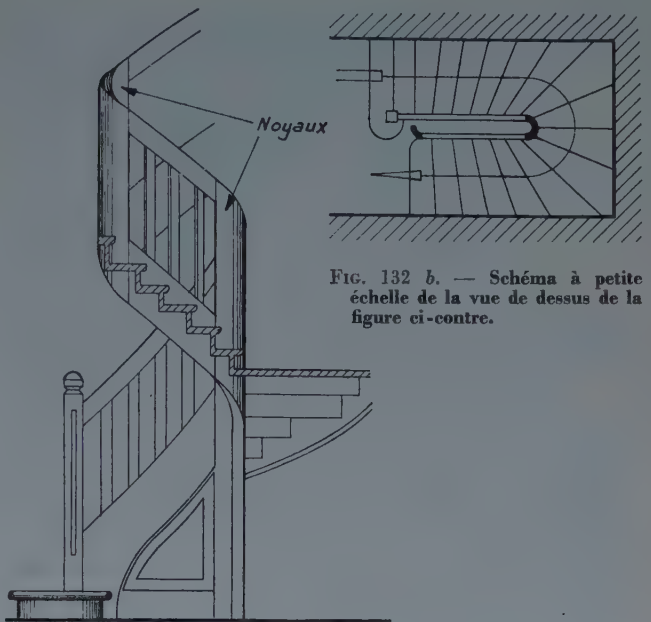


FIG. 132 a. — Escalier à la française avec noyaux.

une ligne de main courante continue. La partie inférieure de ces mêmes noyaux est débarrassée elle aussi, suivant la ligne de dessous des limons lorsque la pièce de bois ne descend pas au sol.

5° L'escalier à la française avec limon courbe (fig. 133). — La particularité de cet escalier réside dans la forme du limon. Ce dernier est en effet *cintré* dans les *quartiers tournants*; il présente de ce fait une forme continue, c'est-à-dire qu'il n'est pas interrompu par des poteaux, ni par des noyaux.

Composé de plusieurs éléments, le limon peut être formé de parties droites et de parties courbes ou être entièrement

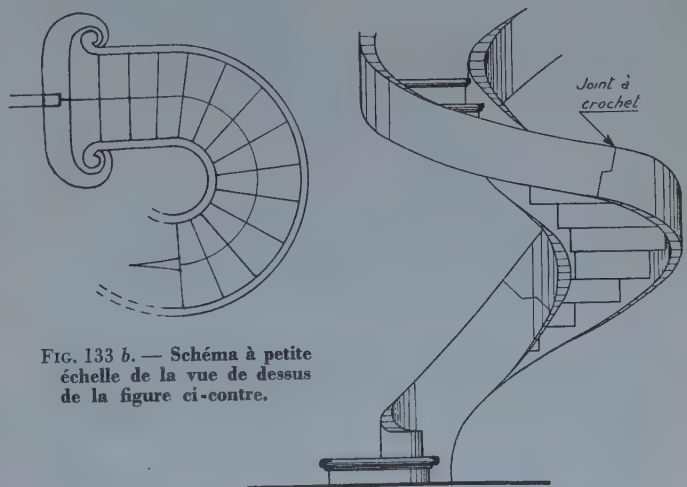


FIG. 133 a. — Escalier à la française avec limon courbe.

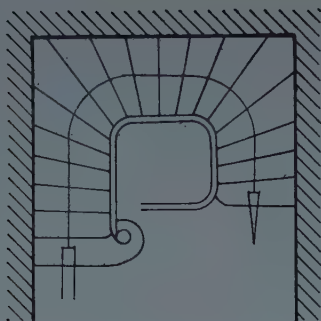


FIG. 133 bis. — Escalier à la française à quatre centres (limon droit et courbe aux angles).

courbe suivant la forme du jour de l'escalier; ce dernier pouvant être allongé, circulaire, ovale, etc.

Les limons se raccordent entre eux par des joints dits à *crochets*, maintenus par des goujons et des boulons.

La main courante de ces escaliers suit, elle aussi, la forme du limon et présente une ligne ininterrompue.

6° L'escalier à l'anglaise ou à demi-onglet (fig. 134). — Dans ce genre d'escalier, les marches ne sont plus encastrees comme précédemment mais reposent sur des *crans* découpés dans le limon. Ce dernier est donc une forte crémaillère apparente qui peut affecter les mêmes dispositions que le limon de l'escalier précédent.



FIG. 134. — Escalier à l'anglaise ou à demi-onglet (semblable à la figure 133 mais avec limon à crémaillère).

Les marches *saillissent* dans le jour, c'est-à-dire qu'elles dépassent le limon d'une dimension égale au recouvrement adopté dans l'emmarchement. Elles sont *profilées* en bout, c'est-à-dire que la moulure ou astragale se retourne à leur extrémité qui repose sur le limon (fig. 135).

Sur ce même limon, les contremarches sont assemblées par une fausse coupe appelée *demi-onglet*, d'où le nom qui est donné à l'escalier du fait de cette particularité.

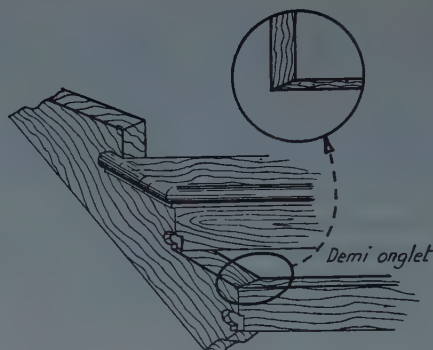


FIG. 135. — Limon, marches et contremarches de l'escalier à l'anglaise ou à demi-onglet.

La rampe est généralement composée de balustres métalliques posés à col de cygne ou à pistons sur le côté du limon; une bandelette en métal les relie à la partie supérieure sur laquelle une main courante en bois vient se fixer et couvrir l'ensemble.

7° L'escalier à colonne centrale (fig. 136) (vis Saint-Gilles; escargot). — Cet escalier se compose d'un noyau cylindrique central dans lequel les marches s'encastrent et les contre marches s'assemblent à tenon bâtard. Les unes et les autres, reposent à l'autre extrémité sur des crémaillères ou des limons à demi-onglet. Elles s'assemblent parfois dans des limons pleins.

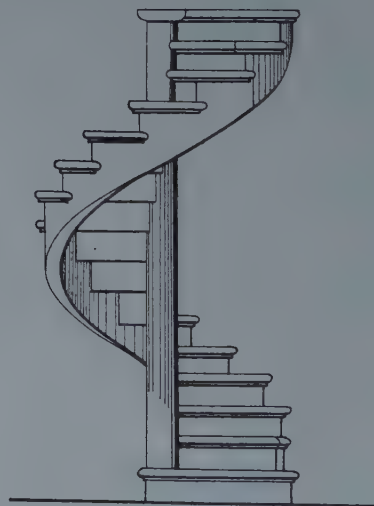


FIG. 136 a. — Escalier à colonne centrale, à marches rayonnantes.

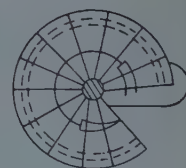


FIG. 136 b. Schéma à petite échelle de la vue de dessus de la figure ci-contre.

La difficulté dans ce genre d'escalier est d'échapper car le giron est peu étendu. L'emmarchement ne dépasse généralement pas 0,80 m.

La construction de l'escalier dit *escargot* est assez particulière. L'emmarchement est encore plus restreint et ne dépasse guère 0,55 m. Le limon à demi-onglet est constitué par une suite de *douelles* ou pièces de bois arrondies

et rencreusées placées verticalement et formant chacune le cran d'une marche. La liaison de ces douelles entre elles se fait par fausse languette rapportée et collée. Le serrage s'effectue à l'aide de vis à bois tête fraisée de 0,08 à 0,10 de longueur.

Cet escalier a l'avantage d'occuper une place réduite. Il est aussi très léger, ce qui permet de le livrer tout assemblé.

Cette catégorie d'escaliers a la particularité d'avoir des marches *rayonnantes*, c'est-à-dire que le nez des marches vient converger à un même point central. Ce cas se retrouve d'ailleurs dans les précédents types à courbe, lorsque le limon affecte une forme circulaire.

Ainsi se trouvent résumés les différents genres d'esca-

liers en bois. De cet examen, nous pouvons en déduire qu'il existe deux grandes classes :

- a) Les escaliers à la française;
- b) Les escaliers à l'anglaise.

Dans chaque catégorie, nous distinguons des escaliers :

- 1° A marches droites;
- 2° A marches balancées;
- 3° A marches rayonnantes.

Nous retrouvons dans les escaliers fer et bois ou entièrement métalliques, la même classification. L'examen de ceux-ci sera abordé, par la suite, lorsque nous étudierons leurs épures.

TRACÉ ET EXÉCUTION DES ESCALIERS

La majeure partie des différents éléments constituant un escalier étant apparents et généralement vernis ou cirés, nécessitent des surfaces polies et dressées.

Cette particularité conduit le charpentier à corroyer les pièces de bois qu'il doit employer dans la construction de ces ouvrages. Ce corroyage consiste donc à donner aux différents éléments bruts des surfaces parfaitement planes c'est-à-dire *dégauchies* et d'équerre entre elles, suivant des dimensions de largeur et d'épaisseur imposées.

Il en résulte que le praticien ne procédera pas de la même façon pour tracer et assembler les différentes parties d'un escalier que pour établir et construire une charpente.

Le travail de corroyage s'effectue généralement aux machines-outils :

- a) *Dégauchisseuse*, pour le parement et un champ des pièces, ou deux faces consécutives.
- b) *Raboteuse*, pour tirer de largeur et d'épaisseur.

Ces opérations ne s'effectuent toutefois qu'après avoir établi à l'atelier une épure de l'ouvrage à construire.

Ces dernières sont tracées grandeur d'exécution sur un plancher nivelé. Cependant, il est nécessaire, avant de procéder à ce tracé définitif et afin de résoudre plus facilement les difficultés de construction, d'étudier l'ouvrage à construire sur une feuille de papier à une échelle réduite : 1/5, 1/10, 1/20 ou 1/50.

C'est aussi le but des dessins d'étude ou d'avant-projet exécutés à ces échelles.

Voyons donc tout d'abord ces derniers :

Projet et épures d'escaliers.

Comme pour les travaux de charpente, les dessins que nous allons rencontrer seront de deux sortes :

1° Dessins ou épures d'études et d'exécution, qui permettent de guider le praticien dans l'exécution de son travail.

2° Épures de chantier exécutées par le praticien pour le tracé des pièces de bois.

Les secondes ne diffèrent des premières que par une simplification des lignes, en éliminant bien entendu tout tracé superflu.

Dessin d'étude.

Examinons, en premier lieu, l'épure figure 137, prise comme exemple représentant le dessin d'un escalier droit ne comprenant qu'une seule volée.

Cette épure comprend :

1° Une vue de dessus (ou vue en plan), sur laquelle apparaissent le départ et l'arrivée.

L'embranchement de l'escalier; l'épaisseur du limon et de la main courante; l'emplacement des poteaux ainsi que l'équarrissage de ces derniers.

La position des marches et leur largeur de giron, c'est-à-dire de nez à nez.

Nous remarquons aussi l'épaisseur des contremarches et celle de la crémaillère indiquées en lignes cachées.

2° L'élévation du limon avec les poteaux, la main courante et les balustres.

Les encastremements permettant de recevoir les marches et les contremarches sont représentés.

L'accrochage du poteau d'arrivée sur la solive palière apparaît ainsi que le parquet et l'épaisseur du plancher.

La décoration des différents éléments n'est pas figurée, à l'exception des têtes de poteaux qui sont découpées.

3° L'élévation de la crémaillère et sa fixation par rapport à la solive d'arrivée.

Il est à remarquer que sur la figure 137, cette élévation nous donne le côté de la crémaillère qui se trouve placé contre le mur; cela afin de prendre moins de place sur le dessin. Nous verrons, par la suite, que cette épure doit se faire de façon à représenter la face opposée de cette crémaillère, c'est-à-dire celle qui se voit et que l'on nomme *parement*.

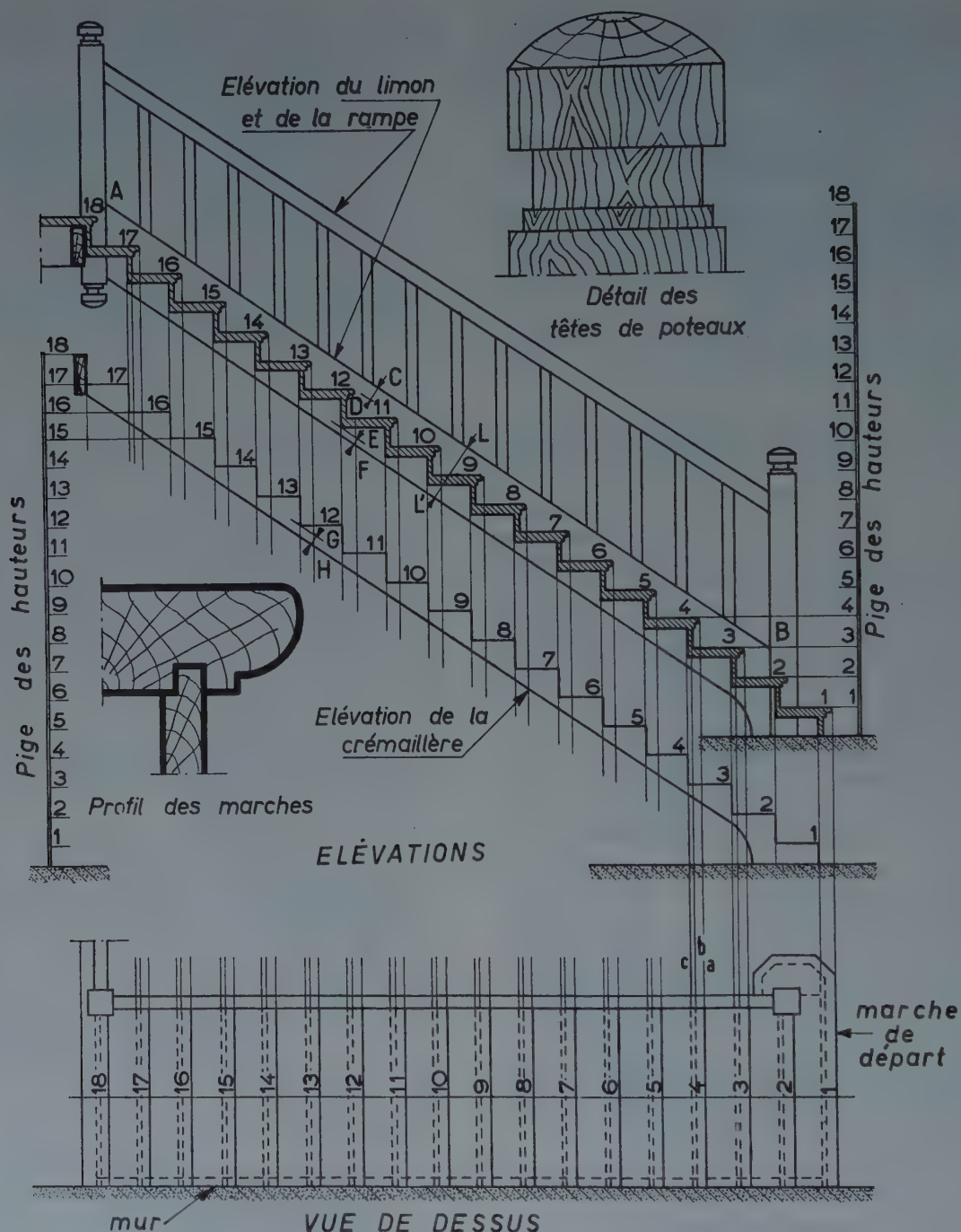


FIG. 137. — Escalier droit à une seule volée.

4° Des vues à plus grande échelle fournissent les détails des différentes parties de l'escalier.

Cet ensemble est obtenu en effectuant d'abord la *vue de dessus*, puis l'*élévation* du limon et de la rampe et ensuite celle de la crémaillère.

Malgré que nous soyons en présence d'une étude simple,

la méthode de travail employée dans le tracé de l'épure, et que nous allons détailler sera la même dans le tracé des escaliers plus compliqués que nous verrons par la suite.

Les épures de chantier se feront, elles aussi, suivant la même méthode.

La vue de dessus s'obtient en traçant :

a) Le *pourtour* de la cage, c'est-à-dire ici la position du mur et de la solive palière à l'arrivée; cette dernière déterminant le nez de la plaquette ou dernière marche.

b) La position de la marche de départ ou première marche en fonction du reculement donné.

c) L'*emmarchement* de l'escalier, l'épaisseur du limon, l'emplacement des poteaux de départ et d'arrivée.

d) La *division* des marches sur la ligne de foulée suivant le nombre de marches adopté et le numérotage de chaque nez.

e) L'épaisseur des contremarches qui est reculée parallèlement aux nez des marches du recouvrement adopté. L'épaisseur de la crémaillère le long du mur.

L'élévation du limon est obtenue en faisant apparaître :

a) Le dessus de chaque marche par une ligne, menée parallèlement à la ligne de sol de l'élévation et suivant une *pige des hauteurs* ou division de la hauteur à monter par le nombre de marches. (Au chantier la pige de hauteur est constituée par un lisseau, sur lequel le praticien opère pour faire ses divisions.)

b) Les *encastrement*s (parties hachurées sur l'élévation du limon), en remontant d'équerre, c'est-à-dire perpendiculairement à ces lignes, le devant (ou nez) *a* des marches et l'épaisseur *bc* des contremarches. Les encastrement de ces dernières sont ainsi déterminés. Pour ceux des marches, il suffit de reporter l'épaisseur de ces marches en dessous des traits obtenus.

c) La *largeur LL'* du limon. Pour cela, tracer d'abord le champ supérieur AB parallèlement aux nez des marches, en ménageant un épaulement CD de 4 cm. Le champ inférieur est ensuite tracé parallèlement au premier suivant une largeur déterminée, cette dernière nécessitant sous la contremarche un épaulement EF généralement égal à celui tracé au-dessus du nez des marches.

d) Les *poteaux et la rampe*. La main courante a son dessus situé à 0,90 au-dessus du nez des marches. Les balustres sont espacés à intervalles réguliers. Leur répartition est établie sur la vue de dessus du limon et remontée en élévation.

e) La *solive palière*, à l'arrivée, permettant d'accrocher le poteau. L'épaisseur du plancher afin de prévoir la retombée de la plate-bande en retour sur le palier d'arrivée.

L'élévation de la crémaillère se trace :

a) En *menant*, comme pour le limon, les lignes horizontales de hauteur des crans, mais en diminuant pour cela la première division de la pige, d'une épaisseur de dessus de marche. La largeur des crans s'obtient en remontant de la vue de dessus le derrière des contremarches.

b) En *réservant* un épaulement GH de 7 cm environ sous le fond des crans déterminant ainsi la face de dessous de la crémaillère.

Épure de chantier.

A l'appui de ce dessin, examinons donc maintenant les différents moyens employés au chantier, pour tracer l'épure.

En premier lieu et quel que soit le genre d'escalier, la condition qui s'impose est de relever très exactement, sur place, l'emplacement qu'il va occuper, ainsi que les dimensions et la forme de la cage.

Il faudra donc situer le *point de départ*, qui sera repéré d'après le projet fourni. La distance de ce point à l'aplomb (l'aplomb étant la droite définie par le fil à plomb) de la face avant du chevêtre placé à l'arrivée donnera le *reculement* de l'escalier (fig. 138).

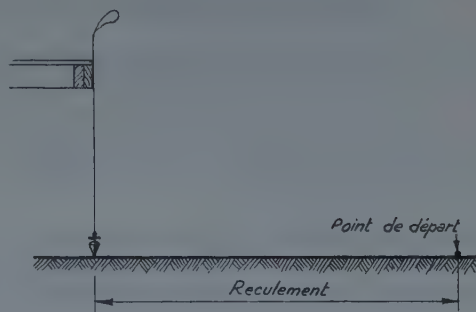


FIG. 138. — Point de départ et reculement.

La *hauteur à monter*, prise à l'aplomb du point d'arrivée sera, s'il y a lieu, augmentée ou diminuée compte tenu du *faux niveau* du sol, afin d'avoir la hauteur exacte ou différence de niveau entre le point de départ et le point d'arrivée (fig. 139). Cette cote permettra de déterminer la hauteur exacte des marches, en confectionnant la *pige des hauteurs*. En effet, la hauteur d'étage sera portée sur un lisseau et divisée en autant de parties qu'il y a de marches. Chaque division portera le numéro de sa marche.

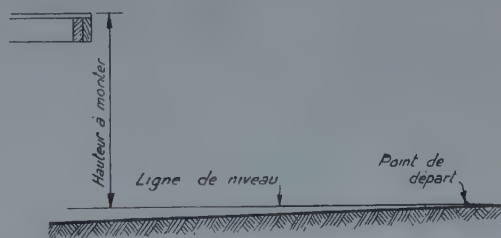


FIG. 139. — Détermination de la hauteur à monter.

La forme de la cage étant ensuite reproduite au chantier en grandeur réelle conduira le praticien à établir l'épure de l'escalier.

Nous allons donc opérer sur quelques marches seulement, l'opération d'ensemble étant la même.

La figure 140 représente la *vue de dessus* ou en plan du départ de l'escalier tel qu'il doit être reproduit au sol. Cette épure est tracée en portant successivement les différents points cités précédemment lors de l'établissement du dessin.

Sur le sol du chantier, il faut exécuter un tracé qui ne représente que les *traits nécessaires* au traçage des pièces

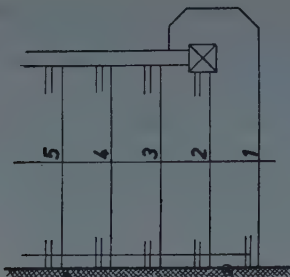


FIG. 140. — Vue de dessus du départ de l'escalier.

de bois. A ce sujet, nous pourrions dire que l'épure au sol, ressemble à l'esquisse que l'on fait sur le papier lorsque l'on veut obtenir le dessin d'un escalier.

Examinons maintenant l'épure du limon permettant de tracer ce dernier. La figure 141 nous indique comment situer le nez des marches en élévation et la figure 142 est l'épure qui en découle pour trouver et représenter la largeur du limon (arcs de cercles avec DC et EF = 4 cm environ).

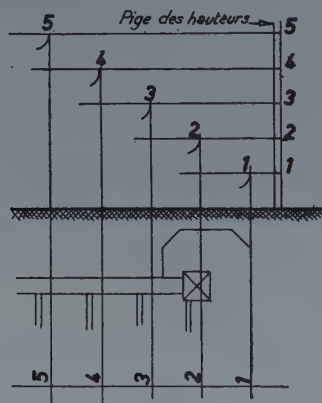


FIG. 141. — Position du nez des marches déterminée avec la pige des hauteurs.

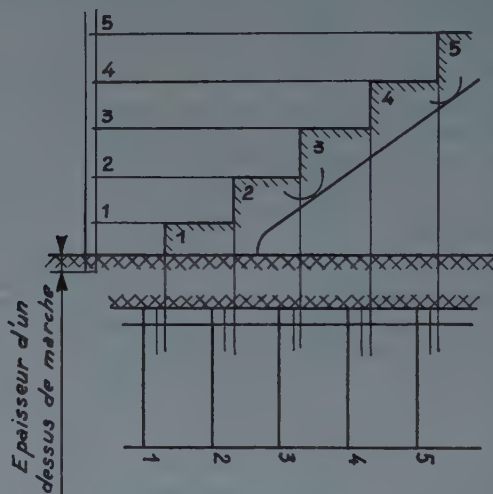


FIG. 143. — Position de la face arrière des contremarches et du dessous des marches sur crémaillère.

d'après la vue de dessus et en menant, d'autre part, les hauteurs du dessous des marches. Cette dernière opération est facilement menée en se servant pour cela de la pige des hauteurs que l'on baisse d'une épaisseur de « dessous de marche », par rapport à la ligne de sol.

Les crans représentant le découpage du dessus de la crémaillère sont hachurés et numérotés. La forme de celle-ci peut être obtenue, ainsi que nous pouvons le constater sur la figure, en traçant l'épaulement nécessaire sous chaque fond de cran et en joignant les points obtenus.

Les épures ainsi obtenues fournissent la vraie grandeur des bois nécessaires à la construction de l'escalier, pris comme exemple. Ce dernier étant relativement simple, il en résulte pour le praticien une épure de chantier peu compliquée, mais dont les principes vont se retrouver à l'occasion des différents types d'escaliers que nous allons examiner par la suite.

La préparation des bois.

1° Débit.

L'épure étant établie, les dimensions définitives des bois sont déterminées.

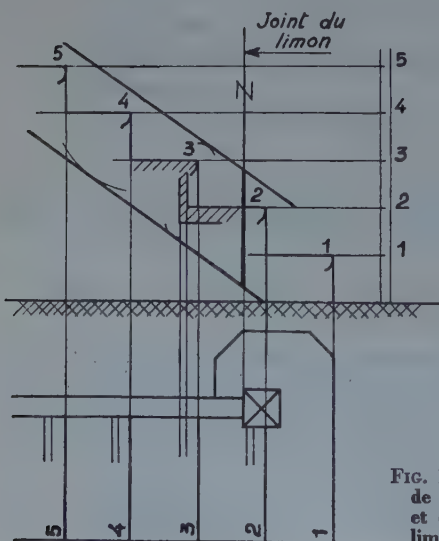


FIG. 142. — Détermination de la largeur du limon et de la ligne de joint du limon.

Le praticien établit alors une *feuille*, dite de *débit* sur laquelle il note ces dimensions ainsi que la nomenclature complète des bois faisant partie de l'ouvrage.

Ce relevé va lui permettre de rechercher les différents éléments; ceux-ci étant prélevés dans des plateaux, dans des madriers et dans des planches.

Cette recherche ou opération que l'on nomme *débit* comprend deux phases :

- Le *tracé* sur les bois bruts;
- Le *sciage*.

Le *tracé* sur les bois bruts s'effectue au crayon, à la rainette ou au cordeau. Avant d'exécuter le *tracé*, il est



FIG. 144 et 145. — Tracé du débit des marches (escalier à volée droite).

nécessaire d'examiner les défauts, les nœuds vicieux, les fentes diverses que les bois peuvent présenter et de reporter à la craie sur le parement l'emplacement des défauts du contre-parement.

Le *tracé* doit être fait d'une façon avantageuse, c'est-à-dire que les dimensions de longueur et de largeur doivent être légèrement supérieures aux dimensions définitives de l'épure. En effet, il faut prévoir le corroyage d'une part et d'autre part, en ce qui concerne les marches et les contremarches, il faut pouvoir remédier aux variations toujours possibles au moment de la pose.

Les bois ainsi tracés sont repérés par des signes d'établissement.

Le *tracé* concernant le débitage des marches comporte plusieurs particularités suivant que nous nous trouvons en présence d'un escalier à volée droite ou bien d'un autre type de marches balancées.

Dans l'escalier à volée droite, le *tracé* du débit des marches n'offre aucune difficulté du fait que ces éléments ont leurs extrémités coupées d'équerre, leur largeur régulière et qu'elles sont toutes semblables.

Le praticien relève donc les dimensions d'une marche prise en fonction de toutes les autres et les note sur sa feuille de débit. La longueur est égale à l'emmarchement augmenté de l'encastrement dans le limon, plus un supplément du côté de la crémaillère appelé *scellement* qui permettra l'ajustage le long du mur lors de la mise en place

(fig. 144). La largeur aura une dimension égale au *giron* augmentée de la *saillie du nez de marche*, plus le bois nécessaire pour combler la *feuillure* de la contremarche lorsque cette feuillure existe.

Lors de ce débit si on ne dispose pas de planches assez larges, il faut prévoir l'apport d'une *alaise*, ou planche supplémentaire étroite (fig. 145) qui sera située vers l'arrière de la marche et qui devra être assemblée à rainure et languette et collée. Le débiteur devra donc prévoir dans son débit, les réserves de bois nécessaires à cet assemblage.

Le *tracé* du débit des marches balancées comporte plus de difficultés du fait que, d'une part, ces éléments ne présentent pas une forme rectangulaire dont les mesures

peuvent être notées par deux dimensions : longueur et largeur et d'autre part, il faut éviter les pertes excessives de bois en faisant succéder les tracés de chaque marche le plus convenablement possible.

Il y a donc plusieurs procédés employés dans le *tracé* de ce débit :

- Les planches sont assez larges et peuvent être tracées près de l'épure.

Dans ce cas, il suffit de relever la forme de chaque marche et de la reporter sur la planche (fig. 146).

Pour cela :

a) Mesurer sur l'épure la *longueur du devant* de la marche considérée et reporter cette longueur sur la planche.

b) Relever à la sauterelle les *fausses coupes* des extrémités et les reporter à leur place respective sur la planche à tracer.

c) Reporter sur le tracé de ces fausses coupes les largeurs *l* du *collet* et *L* du *rez-mur* de la marche, relevées sur l'épure.

d) Après jonction des points obtenus ce qui permet de délimiter le pourtour de la marche, laisser le bois supplémentaire nécessaire.

Si les planches ne sont pas assez larges (fig. 147), il faut rapporter un élément triangulaire appelé *écoinçon* qui

peut être pris dans les chutes. Cet écoinçon sera alors tracé à la demande du manque de bois en réservant un supplément pour permettre la confection du joint qui doit être rainé et collé.

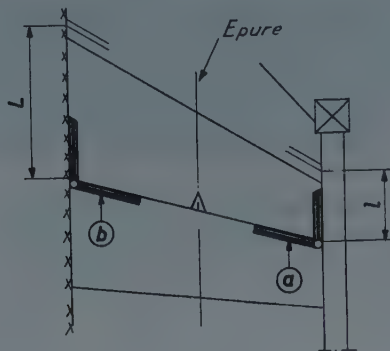


FIG. 146. — Tracé du débit des marches balancées.

b) Les planches sont larges ou étroites mais ne peuvent être tracées auprès de l'épure.

Il arrive très souvent que le tracé sur le bois brut ne puisse s'effectuer auprès de l'épure du fait que le dépôt de bois se trouve éloigné ou bien que l'espace environnant l'épure ne soit pas disponible.

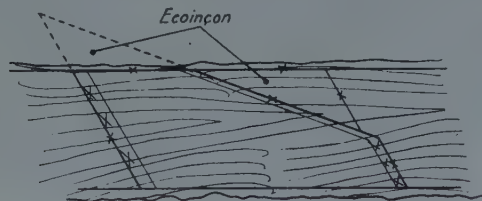


FIG. 147. — Tracé du débit (marche plus large que la planche).

Dans ces cas, le débiteur peut employer le procédé suivant :

a) Confectionner un *feuillet* de 0,15 à 0,18 de large raboté et légèrement plus long que les marches à relever.

b) Le placer sur l'épure de façon à couvrir la marche à tracer tout en faisant coïncider un champ du feuillet avec le devant de la marche.

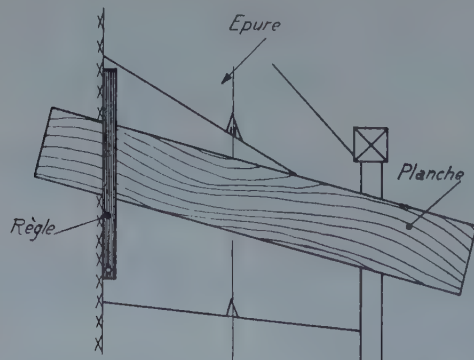
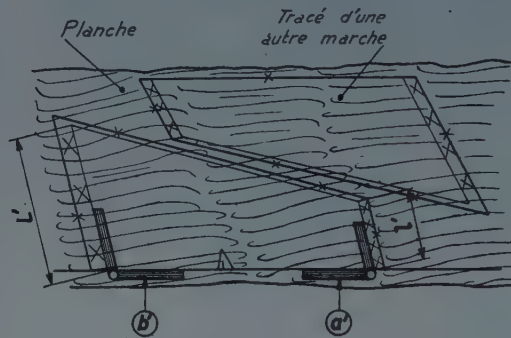


FIG. 148. — Tracé de longueur des marches.

c) Tracer les différentes *coupes* de chaque marche sur le dessus du feuillet ainsi placé (fig. 148) en repérant les coupes par le numéro de la marche. Indiquer à chaque coupe d'extrémité, leur *largeur* respective.



Muni de ce tracé (fig. 149), le débiteur peut *reporter* sur les planches brutes, la forme déterminée de chaque marche à laquelle il laissera comme précédemment le supplément de bois nécessaire.

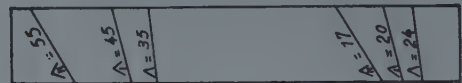


FIG. 149. — Repérage des coupes et indication de leur largeur.

Lorsqu'il s'agit d'escaliers desservant plusieurs étages et dont les éléments sont parfois semblables à chaque volée, il est préférable d'envisager le débit en *série*. Pour cela le praticien confectionne un *gabarit* pour chaque marche (fig. 150). Ce gabarit est construit avec des liteaux que l'on présente sur l'épure et que l'on cloue à la forme convenable.

Muni de ce calibre, le débiteur n'a plus qu'à tracer au pourtour pour obtenir la forme de la marche désirée.

Cette conception du relevé des marches est aussi utilisée lorsque le charpentier exécute un escalier dont les marches

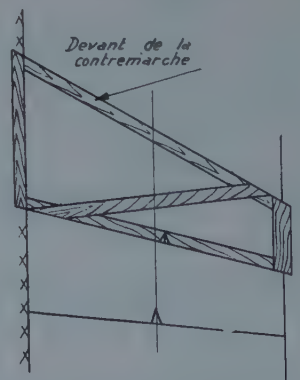


FIG. 150. — Gabarit d'une marche.

sont prévues en pierre. Dans ce cas, les gabarits sont généralement expédiés en carrière pour confectionner les dessus de marche.

Les *devants* des marches épousent parfois des lignes *convexes* ou *concaves*, telles que les marches de départ par exemple, donnant au dessus de marche une forme spéciale qu'il faut relever et tracer pour en permettre le débit.

On emploie parfois pour relever ces lignes courbes du papier calque ou un fort papier que l'on découpe.

Le procédé que nous indiquons évite ce gaspillage et permet un gain de temps appréciable :

Confectionner pour cela un ensemble composé de *lamelles* en bois de 8 mm d'épaisseur sur 20 mm de large fixées à intervalles réguliers de 20 mm dans des entailles pratiquées sur une traverse comme nous l'indique la figure 151. La longueur de l'objet peut avoir 1,50 de long sur 0,60 de large.

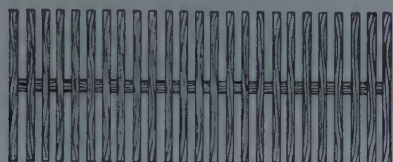


FIG. 151. — Ensemble de lamelles solidarisées pour le tracé des devants de marches courbes.

Pour obtenir la forme d'une marche de départ par exemple, il suffira de présenter l'objet ainsi confectionné sur l'épure et de tracer à la *craie* sur les lamelles le *pourtour* de la marche. L'objet étant reporté sur la planche, permettra de repérer entre les lamelles les points précédemment tracés. Il n'y a qu'à raccorder ensuite ces points pour obtenir la forme désirée.

Le débit des contremarches n'offre rien de particulier. La longueur de ces éléments est relevée sur l'épure et varie d'une contremarche à l'autre lorsqu'il s'agit d'escaliers à marches balancées.

Les contremarches ayant une forme spéciale (circulaire ou mixtiligne) seront tracées, en utilisant les *profils chantournés* (c'est-à-dire après débit) des *nez* des marches auxquels elles viendront s'assembler par la suite.

La largeur des contremarches est obtenue sur la pige des hauteurs.

c) Limons, poteaux, balustres, crémaillères.

Le tracé du débit des limons s'effectue d'après la largeur relevée sur l'épure.

Dans les escaliers à volées droites, chaque limon ayant la forme d'un parallélépipède rectangle est généralement d'un seul morceau de bois et peut être prélevé dans un plateau.

Cependant lorsque l'escalier fait l'objet d'ouvrage d'art on a intérêt à composer ces limons de plusieurs pièces assemblées (fig. 152). Dans ce cas, l'*âme* ou partie centrale est *habillée* de bois de choix. Les éléments minces qui composent cet habillage sont embrévés et collés entre eux

et avec l'âme. Ils permettent la réalisation de limons solides et d'un aspect difficile à obtenir en une seule pièce de bois.

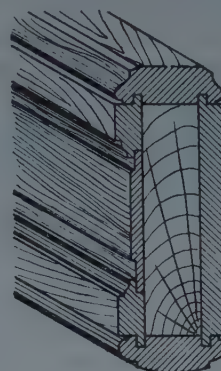


FIG. 152. — Limon à âme habillée.

Dans tous les cas, le débiteur effectue le tracé des bois en tenant compte des assemblages et du corroyage à pratiquer par la suite.

Les limons des escaliers à marches balancées sur poteaux ou sur noyaux ayant leurs *champs* supérieurs et inférieurs qui affectent une forme *curviligne* ne peuvent pas toujours être contenus dans de simples plateaux. Le manque de largeur de ces derniers oblige le débiteur à tracer d'abord des limons rectilignes sur ses bois bruts et à rapporter ensuite des *alaises* ou des chutes qui, maintenues par collages sur les champs des limons, donneront à ceux-ci la largeur suffisante pour y tracer la ligne courbe que nécessite leur forme.

Le débit des limons *courbes* consiste, pour le débiteur, à rechercher des pièces de bois suffisamment larges et épaisses, dont les dimensions fournies par l'épure permettront d'y tracer, comme nous le verrons par la suite, la forme de ces courbes.

Les balustres, les noyaux et les poteaux, lorsque l'escalier comporte ces éléments, font l'objet de la part du débiteur, des mêmes recherches que les autres parties de l'escalier.

Les *balustres* étant carrés ou méplats sont tracés sur les bois bruts de façon à laisser un supplément pour permettre leur corroyage.

Il en est de même des *noyaux* et des poteaux, ces derniers étant généralement réalisés en bois massif. Cependant, dans le cas d'escaliers d'art, les *poteaux* sont confectionnés de plusieurs éléments comme nous le montre la figure 153 et suivant le même principe de construction employé pour la réalisation des limons examinés précédemment.

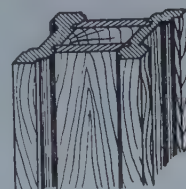


FIG. 153. — Poteau composé.

Aucun tracé de débit n'est nécessaire pour les crémaillères; le travail du débiteur se limite seulement à la recherche des planches dans lesquelles seront prélevés ces éléments.

Le tracé sur les bois bruts étant terminé, il faut alors effectuer la seconde phase du débit, c'est-à-dire le sciage des éléments précédemment tracés.

Le sciage en travers se fait, lorsqu'on travaille à la main, soit à la *scie à débiter*, soit à la grande scie ou *scie de taille* pour les coupes totales, soit à l'*égoïne* pour les sciages en travers arrêtés. En effet, s'il n'est pas toujours possible de transporter les plateaux entiers aux machines-outils, il y a aussi des coupes qui ne peuvent être réalisées qu'à la main.

Les sciages en fil et en travers lorsque certains subsistent seront ensuite exécutés soit à la *scie circulaire*, soit à la *scie à ruban*.

2° Corroyage.

Le corroyage est l'opération qui suit généralement le débit des bois et qui a pour but de donner à ces derniers la forme géométrique exacte qu'ils doivent avoir dans l'ouvrage, abstraction faite de la mouluration dont ils peuvent être ultérieurement décorés.

Le corroyage est exécuté face par face suivant les principes que nous avons exposés au début de ce chapitre.

Il est nécessaire que les différents éléments constituant un escalier soient parfaitement travaillés, c'est-à-dire bien dégauchis et tirés de largeur et d'épaisseur pour favoriser d'une part leur assemblage et d'autre part pour éliminer toutes traces de sciage. Cependant, dans un escalier plafonné, certaines parties non apparentes comme les dessous des marches et le derrière des contremarches peuvent comporter du *témoin*, c'est-à-dire que le bois brut peut subsister; cela évite parfois de réduire inutilement certains éléments.

Le corroyage terminé, il y a lieu de procéder aussitôt au *bouvetage* des marches comportant des alaises ou des écoinçons et d'en effectuer le collage.

Si les limons doivent être élargis, il y a lieu de procéder à leur réalisation en effectuant les collages nécessaires et en employant comme pour les marches des colles fortes ou des colles à la caséine ou urée-formol.

3° Établissement des bois.

Les bois ainsi préparés peuvent subir l'opération dite d'*établissement* ou tracé sur l'épure.

a) Limon.

Nous prendrons l'exemple de l'escalier figure 137 dont l'épure de chantier est donnée figure 142.

Le limon étant corroyé à la largeur voulue, est dans ce cas placé sur l'épure de façon que le champ supérieur de la pièce de bois coïncide avec le trait représentant le dessus du limon.

Les lignes de l'épure indiquant le nez et le dessus des marches sont alors reportées sur la *face intérieure* du limon.

Cette face se trouve apparente du fait de la position du limon sur l'épure et est dite *face d'établissement*.

Cette opération qui consiste à reporter les traits sur la pièce de bois (fig. 154) s'effectue généralement au moyen d'une règle spéciale dite *règle à masses* et qui est une tringle de bois bien droite, portant à chacune de ses extrémités un taquet de l'épaisseur du limon à tracer. Les champs de la règle ainsi confectionnée, sont mis rigoureusement d'équerre. Il n'y a qu'à placer les champs des taquets sur les lignes de l'épure et à tracer sur la pièce de bois en suivant le champ de la règle. Ce procédé est déduit de celui qui consiste à tracer avec une simple règle ordinaire placée de façon que l'un de ses champs coïncide exactement avec le tracé de l'épure; opération qui est réalisée

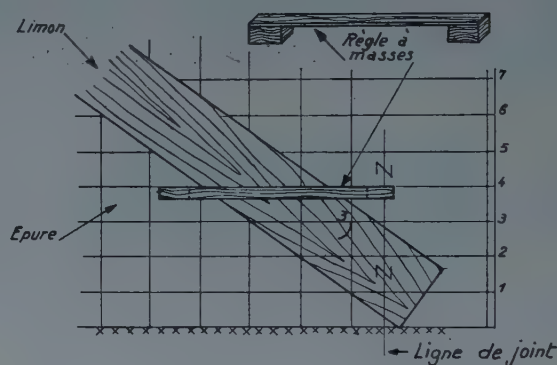


FIG. 154. — Tracés effectués avec la règle à masse.

au moyen du fil à plomb permettant de situer exactement la règle en concordance avec l'épure. Ce procédé est toutefois bien plus long que le précédent.

Les joints du limon avec les poteaux sont tracés de la même façon et marqués du signe *ramèneret*, ce qui indique l'arasement de l'assemblage (fig. 154).

Tous les limons droits peuvent être établis de cette façon. Toutefois nous indiquerons que lorsque le praticien se trouve en présence d'escaliers à marches parallèles du type de celui de la figure 137, il peut effectuer le tracé des limons *sans faire pour cela, une épure grandeur*.

Connaissant la hauteur d'une marche et son giron, la pente du limon est obtenue au moyen d'une épure réduite effectuée sur une planche.

Prenons comme exemple, cet escalier de 0,16 m de hauteur de marche et 0,28 m de giron.

Pour établir l'épure réduite, il suffit de prendre un feuillet dont on aura préalablement dressé un champ, de tracer une droite d'équerre, sur ce feuillet, en partant du champ dressé, de porter les deux dimensions connues, sur chacun des côtés de l'angle droit (fig. 155) et de joindre les deux points obtenus par une droite. Cette dernière donne la pente du limon. Sa longueur *ab* est égale à la distance qu'il y a entre deux nez de marche. En multipliant cette dimension par le nombre de marches, on obtient la longueur du limon.

Le tracé de ce dernier, peut se faire, comme l'explique la figure 156, au moyen de la fausse équerre *S* reportée en *S'* sur le champ du limon et d'une équerre ou d'une seconde fausse équerre donnant les lignes à plomb.

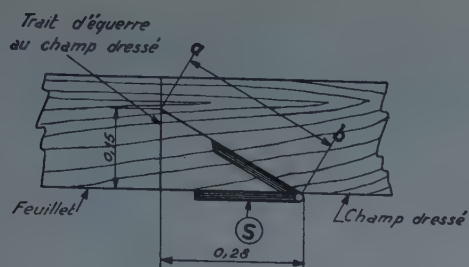


FIG. 155. — Pente du limon relevée à la fausse équerre.

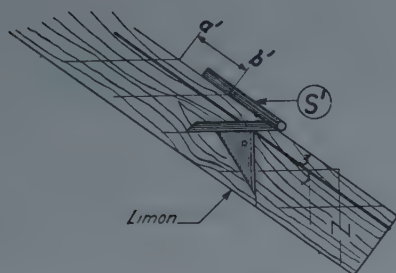


FIG. 156. — Exécution du tracé sur le limon au moyen d'une équerre et d'une fausse équerre.

b) Mains courantes.

Nous savons que la main courante dans sa position définitive, c'est-à-dire lorsqu'elle est assemblée avec les poteaux, est parallèle au limon.

Les joints de cette main courante peuvent être tracés d'après ceux du limon.

Pour cela, il suffit d'appliquer la pièce de bois à tracer sur le champ supérieur du limon et de l'y maintenir par deux serre-joints, puis de prolonger sur la main courante le tracé des joints comme le montre la figure 157.

Le praticien peut aussi profiter du moment où ces deux éléments limon et main courante, sont maintenus ensemble pour répartir les balustres à intervalles égaux et tracer leur emplacement.

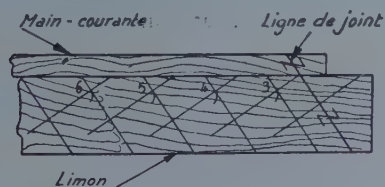


FIG. 157. — Report du tracé des joints sur la main courante.

En effet, connaissant la longueur exacte qui existe entre les deux joints ainsi que la largeur des balustres et leur nombre, il lui sera facile d'effectuer cette répartition (fig. 158).

Cependant, certains praticiens préfèrent répartir ces balustres et les tracer de longueur, lorsque l'assemblage du limon et de la main courante est réalisé avec les poteaux, ce qui permet de tenir compte des variations toujours possibles.

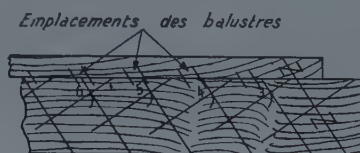


FIG. 158. — Répartition des balustres.

Ce dernier procédé, s'impose malgré tout, dans le cas d'un limon cintré en élévation.

c) Poteaux et balustres.

Le tracé des poteaux a pour but de faire figurer sur les différentes faces de ces pièces de bois, l'emplacement de l'assemblage des limons et des mains courantes.

Dans le cas de l'escalier droit de la figure 137 le tracé des poteaux de départ, par exemple, s'effectuera suivant la figure 159.

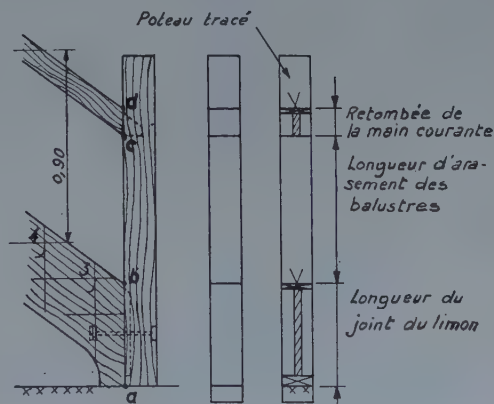


FIG. 159. — Tracé du poteau de départ.

Pour cela :

1° Relever la longueur du joint *ab* du limon.

La reporter et la tracer sur le poteau par deux traits d'équerre, en ayant soin de laisser un peu de longueur sous l'assemblage pour rafraîchir l'extrémité du poteau.

2° Rechercher la distance entre le dessus du limon et le dessous de la main courante. Pour cela, retrancher de 0,90 m, hauteur de rampe couramment adoptée, la distance (prise à l'aplomb) du nez des marches au-dessus du

limon, soit 0,05 par exemple, puis ensuite la retombée (aplomb) *cd* de la main courante, soit 0,08 par exemple. En résumé $0,90 - (0,05 + 0,08) = 0,77 \text{ m}$, cote qui représente *bc* la longueur d'arasement des balustres (ou longueur vue des balustres même s'ils sont encastrés dans le limon et la main courante).

3° Porter cette distance à la suite du précédent tracé.

Prendre la *retombée* (aplomb) de la main courante, soit *cd* égale à 0,08, par exemple, et reporter cette distance sur le poteau.

La longueur à porter en plus afin d'exécuter la tête du poteau est égale à la dimension de cet ornement.

Le tracé des mortaises ou des embrèvements s'effectue ensuite, généralement au trusquin en se guidant sur la face *parement* et en ayant soin de situer l'assemblage dans l'axe du poteau.

Dans le cas de limons très larges, obligeant à de longues mortaises dans le poteau, il est nécessaire d'épauler l'assemblage vers le milieu de sa longueur (fig. 160). Dans ce même cas, on épaulé également l'about et la gorge des mortaises afin de cacher les quelques variations qui peuvent se produire du fait que les assemblages fatiguent au cours des nombreux montages et démontages nécessités par la fabrication.

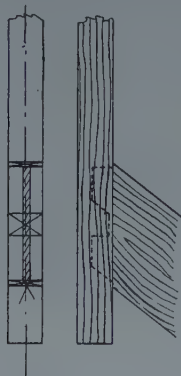


FIG. 160. — Épaulement de l'assemblage des poteaux.

Dans les escaliers à marches balancées, nous avons dit que les limons ne s'assemblent pas à la même hauteur dans le poteau qui les raccorde. Il y a *décrochement*. Cette remarque s'applique aussi aux mains courantes.

Dans ce cas, pour tracer dans le poteau d'angle l'emplacement des mortaises correspondant aux tenons des limons et des mains courantes, il suffit de prendre comme *ligne de repère*, servant de base commune pour effectuer ces tracés sur les deux faces du poteau, un trait représentant le dessus d'une marche s'assemblant dans ce poteau d'angle (fig. 161, repère : marche n° 10).

Porter ensuite sur les deux faces du poteau, au-dessus et au-dessous de ce trait, les cotes des fractions de largeur de limon se trouvant au-dessus et au-dessous du niveau de ce repère dans les sections du limon qui correspondent à ses joints avec le poteau. Continuer ensuite le tracé pour la main courante comme nous l'avons fait précédemment.

Dans tous les cas, le tracé des poteaux doit se faire de façon à laisser assez de bois aux extrémités pour fournir un *culot* ou décoration appropriée, le cas échéant, au-dessous du limon le plus bas et une tête au-dessus de la main courante la plus haute.

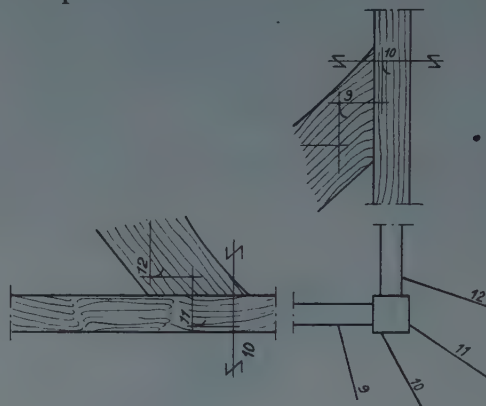


FIG. 161. — Ligne de repère pour le tracé dans le poteau d'angle des mortaises correspondant aux tenons des limons et mains courantes.

Dans un escalier droit les balustres ont tous la même longueur d'arasement. Cette longueur ayant été reportée sur la face du poteau (*bc*, fig. 159), il sera facile de la relever et de tracer ensuite les balustres de longueur en les maintenant tous ensemble au moyen d'un serre-joint.

d) Marches.

Les marches lorsqu'elles sont parallèles, donc toutes semblables, n'ont pas lieu d'être établies après corroyage. Elles sont seulement tracées d'équerre du côté de l'encastrement, en vue d'être sciées suivant ce trait pour permettre la mise dedans.

Les marches balancées, par contre, doivent passer sur l'épure; il est nécessaire en effet de les tracer très exactement suivant la forme qu'elles doivent avoir.

Pour cela, il suffit de placer le *nez de chaque marche* en rapport avec son trait respectif sur l'épure, de repérer son numéro et de tracer ensuite :

- 1° La face intérieure du limon;
- 2° La face du mur;
- 3° Le nez de la marche suivante.

La règle à masse est très employée pour cela.

Au delà de ces traits, il suffit de reporter en plus :

- 1° 20 mm du côté du limon pour l'encastrement;
- 2° Une moyenne de 45 mm sur le derrière de la marche.

Cette dimension représente la largeur de la saillie de la marche sur la contremarche plus la profondeur de l'élégi s'il existe sur la contremarche.

Ces reports de largeur, en plus du tracé initial, s'exécutent rapidement au moyen de règles tirées de largeur à ces dimensions.

La figure 162 nous présente une *marche établie*. L'excès de bois du côté du limon, ainsi que celui en largeur est enlevé au moment de la mise dedans. Seul, le bois en trop, du côté du mur sera scié au moment de la pose.

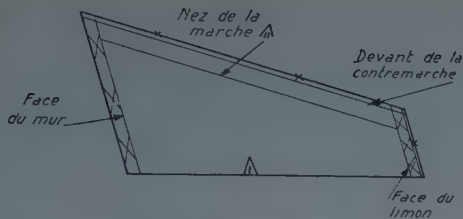


FIG. 162. — Marche établie.

e) Crémaillères.

Pour tracer les crémaillères, nous emprunterons l'épure de chantier figure 143, relative à l'escalier droit figure 137.

La planche réservée à cet effet, brute de sciage ou rabotée suivant le cas est placée sur l'épure, de façon à couvrir le mieux possible la forme de la crémaillère.

Les lignes de l'épure indiquant le derrière des contremarches et le dessous des marches sont alors reportées sur la face parement de la crémaillère c'est-à-dire sur la face opposée à celle qui doit être appliquée contre le mur.

Cette opération s'effectue facilement au moyen de la règle à masse (fig. 163) ou bien en utilisant une simple règle et le fil à plomb.

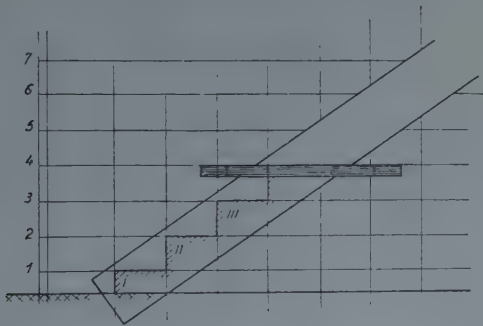


FIG. 163. — Tracé de la crémaillère.

La ligne de dessous de la crémaillère est tracée comme sur l'épure en décrivant du fond des crans précédemment obtenus, comme centres, des arcs de cercle dont le rayon est égal à l'épaulement adopté. Une ligne tangente à ces arcs est ensuite tracée et donne la forme de la ligne de dessous.

Cette ligne est droite sous les marches parallèles, mais elle devient courbe sous les marches balancées. En effet, les premières ont des largeurs égales, tandis que les secondes augmentent ou diminuent progressivement de largeur.

Dans ce dernier cas, le dessous de la crémaillère est dit *débillardé* et se trace au moyen d'un lisseau flexible appelé *cerce*.

Lorsque les planches employées pour confectionner les crémaillères ne sont pas assez larges, on complète le manque de bois par des écoinçons collés à la partie supé-

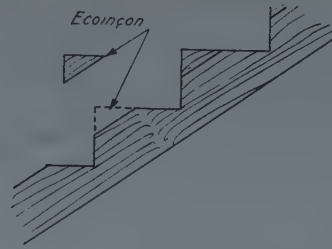


FIG. 164.

rieure des crans (fig. 164). Ces écoinçons ou triangles de bois rapportés sur la partie manquante sont confectionnés dans les chutes venant des crans.

Dans certains cas, on laisse du bois dans le fond des crans afin de réduire la largeur de la crémaillère (fig. 165). Les derrières des marches et des contremarches subissent alors un *mouchage* ou *débardement*. Cela permet de remonter la ligne de dessous de la crémaillère, tout en ayant une pièce de bois résistante. Cette façon d'opérer est préférable lorsque le dessous de l'escalier comporte une paillasse plâtrée.

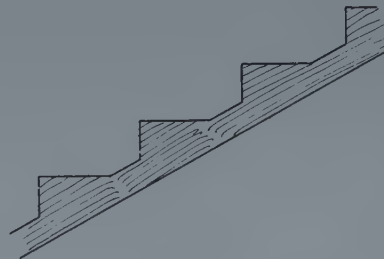


FIG. 165. — Crémaillère de largeur réduite.

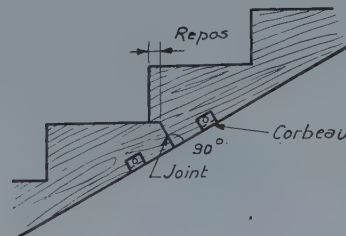


FIG. 166. — Éléments de crémaillère assemblés par un joint à repos.

Une crémaillère peut être aussi en plusieurs éléments dans le sens de la longueur. Ces éléments sont alors réunis par un *joint* dit *à repos* (fig. 166). Le joint est d'équerre au rampant, c'est-à-dire à la ligne de dessous de la crémaillère et le repos de 3 cm environ, coïncide avec un cran. Deux corbeaux ou pattes à scellement coudées, placés près des extrémités de chaque pièce assurent la solidité de cette liaison.

4° Exécution des assemblages et des encastrement.

Le tracé des bois étant effectué, le praticien procède à l'exécution des assemblages.

Dans presque tous les cas d'escaliers sur poteaux ou sur noyaux, il commence par assembler les limons et mains courantes avec les poteaux ou noyaux.

Ces assemblages se composent comme nous l'avons déjà vu de mortaises et de tenons chevillés, ou maintenus par des boulons.

L'encastrement du limon et de la main courante de 1 cm dans les poteaux étant adopté parfois dans l'exécution de travaux soignés, il est nécessaire, dans ce cas, d'effectuer la mouluration de ces pièces à la suite de l'établissement des bois. Il faut alors avoir soin de marquer l'arasement à la scie, avant de pousser la moulure de la main courante, sans détacher la joue. En effet, le profil effaçant les traits, il serait impossible de le retrouver au joint.

Si l'escalier doit être chevillé, les différents éléments à présenter l'un dans l'autre au cours des nombreux montages sont maintenus provisoirement par des broches en fer remplaçant les chevilles en bois, celles-ci étant placées au dernier moment.

Dans le cas de boulons ou de boulons-tirefonds, assurant le maintien des poteaux aux limons, il faut s'efforcer de cacher la tête du boulon sous un ornement et l'écrou dans un encastrement de marche ou bien sous celle-ci si l'escalier ne doit pas rester apparent. Dans le cas où cela est impossible, il faudra faire par la suite des rebouchages avec des bois de même texture. Il est donc recommandé de conserver quelques chutes du limon pour cela.

La fixation de la main courante (encastree de 1 cm) dans le poteau peut être avantageusement réalisée au moyen d'un piton fermé à vis. Ce dernier est fixé à l'extrémité de la main courante. Une petite mortaise pratiquée dans le poteau permet son logement. Une petite cheville métallique, légèrement conique, assure sa fixation d'abord à la mise dedans et ensuite à la pose (fig. 167).

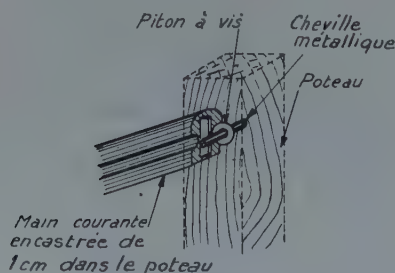


FIG. 167. — Fixation de la main courante dans le poteau.

Ce dispositif a l'avantage d'être plus solide et bien moins apparent que la fixation par cheville à tire exécutée en bois.

Dès que les limons et les mains courantes sont assemblés aux poteaux, les balustres et leurs emplacements peuvent être tracés si cela n'a pas été réalisé, comme nous l'avons décrit précédemment.

Les encastrement des balustres peuvent alors être exécutés.

Si le praticien se trouve en présence de balustres tournés, il faut nécessairement, que ce tournage soit exécuté avant de procéder à l'ajustement de ces mêmes balustres.

L'assemblage des limons et des poteaux étant réalisé, le praticien va pouvoir procéder au tracé de l'encastrement des marches.

Pour cela, il va présenter chaque élément à sa place respective sur le limon précédemment établi, en ayant soin de faire coïncider le dessus et le nez des marches avec le tracé.

Ces marches ayant été préalablement moulurées et replanées, le praticien va obtenir un tracé précis de chaque encastrement en contournant, avec un crayon ou une pointe à tracer, le pourtour du bout de la marche placée sur le limon (fig. 168).

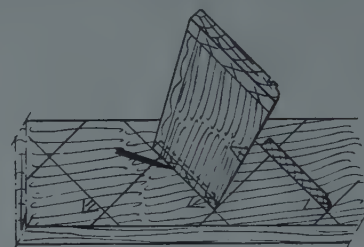


FIG. 168. — Tracé de l'encastrement des marches.

Dans le cas d'escalier à marches parallèles, on peut se contenter d'une rognure de marche formant gabarit et la présenter à chaque emplacement. Mais pour obtenir plus de précision dans le tracé, il est préférable d'opérer comme nous venons de le décrire.

Ce procédé devient nécessaire :

1° Pour les marches n'ayant pas une épaisseur uniforme ou comportant du gauche en dessous.

2° Pour les marches balancées du fait que le profil de la moulure du nez se modifie à chaque élément suivant la coupe oblique de ces marches. D'où nécessité de tracer chaque encastrement avec la marche correspondante.

Pour exécuter ces encastrement, le praticien opère par défoncement à la main ou à la défonceuse mécanique.

Cette dernière est plus rapide, nous dirons cependant quelques mots du défoncement à la main qu'il faut réaliser dans bien des cas.

Le défoncement à la main s'opère d'abord en dégagant les deux extrémités par des trous exécutés à la tarière ou à la mèche montée sur vilebrequin.

Le bois restant entre les deux cavités est ensuite enlevé, soit en opérant par coups de ciseau ou bien en le sciant d'abord en travers et en le bûchant ensuite. Dans ce dernier cas, le bois est scié au moyen d'une scie spéciale appelée ragasse, guidée par une règle fixée par deux clous près du tracé de l'encastrement (fig. 169). Ce dernier est ensuite terminé au ciseau dans les parties droites et à la gouge pour le profil du nez.

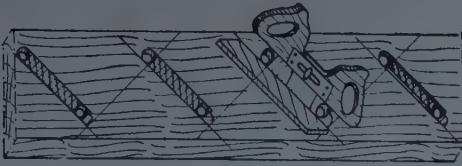


FIG. 169. — Défonçement de l'encastrement des marches au moyen d'une scie ragasse.

Les encastrements de marches étant terminés, le praticien procède alors au tracé de ceux des *contremarches*. Ces dernières ayant été préalablement replanées, après exécution des languettes.

Pour cela, il place chaque marche dans son encastrement respectif et présente la contremarche sur le limon, en l'assemblant dans la rainure de la marche.

Après avoir placé cette contremarche dans une position correcte en se guidant sur la ligne d'établissage représentant le nez des marches, il trace le pourtour de la contremarche (fig. 170).

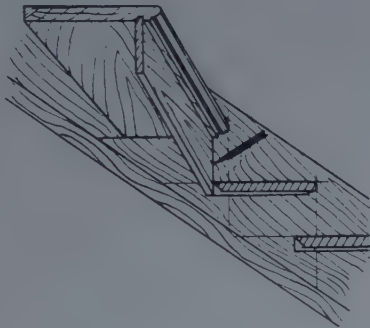


FIG. 170. — Tracé de l'encastrement de la contremarche.

Ce tracé va lui permettre ensuite d'exécuter l'encastrement suivant le même procédé qu'il vient d'employer pour exécuter celui des marches.

Dans les escaliers à marches parallèles, le tracé des encastrements de contremarches peut être simplifié, en se servant du gabarit d'une contremarche présenté à chaque emplacement.

Mais dans les escaliers à marches balancées, le praticien est obligé d'appliquer le procédé précédemment décrit pour tracer l'emplacement précis de la contremarche. De plus, cet encastrement varie d'épaisseur de l'un à l'autre, du fait de la coupe bise des contremarches.

5° Mise dedans et finition.

La *mise dedans* permet l'ajustage de tous les éléments constituant l'escalier.

Il est en effet nécessaire de présenter, d'une part chaque élément à sa place et d'autre part de s'assurer que plusieurs éléments formant une partie de l'escalier, s'assemblent parfaitement entre eux. C'est le cas, par exemple, d'un

limon assemblé avec deux poteaux, la main courante et les balustres.

Le tracé ayant été correctement établi et les assemblages bien exécutés, il s'ensuivra une mise dedans plus facile.

Celle-ci joue un grand rôle surtout dans l'assemblage des marches et des contremarches, car elle en facilite la pose.

C'est le moment pour le praticien de préparer ces éléments de largeur. Au fur et à mesure qu'il les présente dans l'entaille du limon pour les ajuster, quelques-unes y restent assemblées.

Il effectue ainsi la mise dedans d'une volée entière; il opère de même aux quartiers tournants, quand ceux-ci existent.

Le moment est aussi mis à profit pour réaliser l'ajustage et la fixation provisoire des marches de départ avec le pilastre.

Après la mise dedans des marches, contremarches, rampes, il reste au praticien à terminer la décoration si elle n'a pas été exécutée après l'établissage.

De toutes façons si la mouluration est terminée, il faut alors procéder à la *finition* de l'ouvrage.

Cette opération comprend :

1° L'*affleurement des parements*, l'enlèvement au racloir des éclats, le ragréage des moulures et, s'il y a lieu, le masticage des défauts qui n'ont pu disparaître dans les opérations précédentes.

2° Le *polissage* des surfaces ou *ponçage* à l'aide de papiers verres ou silexés.

Dans bien des cas — lorsqu'il est possible de laisser assembler certaines parties de l'ouvrage à l'atelier, telles que par exemple : un limon ou une plate-bande avec sa rampe — le praticien monte cet ensemble et le finit complètement. Le travail de pose se trouve ainsi facilité.

6° Pose.

La *pose* de l'escalier, tout en étant la dernière opération à effectuer dans la réalisation de l'ouvrage, n'en est pas toujours la plus facile.

Il nous paraît normal d'en dire quelques mots en prenant l'exemple d'un escalier sur poteau.

Nous savons que l'escalier doit venir se loger dans l'emplacement qui lui est réservé et qui prend nom de cage. Le relevé des mesures de cette cage a permis d'en déterminer la forme à l'atelier. Une *vérification* de ces mesures : dimensions de la cage, aplomb et équerrage des murs, hauteur des paliers, n'en renseignera que mieux le poseur sur la marche à suivre dans son travail.

Après avoir repéré l'emplacement de la solive palière sur laquelle doit venir se fixer la plate-bande, il préparera la fixation de cette dernière suivant le moyen le mieux approprié : vis tête carrée, boulons, plate-bande métallique coudée et contre-coudée.

Si la cage comporte plusieurs étages, il réglera toutes les *plates-bandes* en premier lieu.

L'ensemble des limons, poteaux et rampes est ensuite monté. La *fixation définitive des assemblages* (chevillage ou boulonnage) est effectuée.

Le réglage de hauteur nécessite généralement des traînées à la marche de départ dont la contremarche a dû être tenue plus haute pour ajustage sur le sol. La marche de départ est alors fixée définitivement au pilastre.

Les limons, que l'on appelle aussi *échiffres*, ainsi assemblés sont réglés d'aplomb et de niveau au moyen du fil à plomb, et du niveau. Des tringles ou étréillons le maintiennent d'écartement dans une position définitive.

La *pose des crémaillères* intervient ensuite. Les crans sont réglés de niveau sur les entailles du limon au moyen d'une règle et d'un niveau.

Les crémaillères réglées sont définitivement consolidées par le *scellement des corbeaux*.

Vient ensuite la *pose* de l'embranchement, c'est-à-dire

des contremarches et des marches. Ce travail s'effectue en commençant par le bas, c'est-à-dire par les premiers éléments. Les contremarches sont coupées de longueur, ainsi que les marches de façon à ne pas forcer le limon vers le jour. Les marches sont clouées sur les crémaillères, par des clous tête homme de façon à dissimuler ces derniers sous l'emplacement du stylobate.

Si l'escalier comporte un plafond en plâtre, ce dernier nécessite une ossature constituée par des fourrures en bois rapportées derrière les contremarches et sur lesquelles vient se clouer le lattis du plâtrier.

Telles sont résumées les principales opérations de tracé, d'exécution et de montage. Elles sont les mêmes pour tous les escaliers en bois du même genre.

NOTA. — Le prochain article traitera de la conception particulière et de l'exécution des escaliers à volée droite, à quartiers tournants, à noyaux, à limon courbe bois et fer, à colonne centrale.

(Reproduction interdite.)

DOCUMENTATION
TECHNIQUE

LXIX

RÉUNIE EN AOUT 1953

SERVICE DE DOCUMENTATION

L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics peut en général fournir la reproduction *in extenso* des documents figurant à l'index analytique de documentation : sur microfilms négatifs de 35 mm qui peuvent être lus en utilisant soit un agrandisseur photographique courant, soit un lecteur de microfilms ou sur papiers positifs pour lecture directe.

Les demandes de documents doivent comporter le numéro d'ordre placé en tête de l'analyse, le titre du document et le nom de l'auteur.

Prix des reproductions photographiques :

Microfilms : la bande de 5 images (port en sus).....	100 F
Positifs sur papier : la page (port en sus) :	
Format 9 × 12.....	70 F
Format 13 × 24.....	110 F
13 × 18.....	90 F
21 × 27.....	150 F
Minimum de perception	250 F

Ces prix sont susceptibles de variation.

Pour tous renseignements, s'adresser à l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics,
19, rue La Pérouse, Paris-XVI^e.

I. — INDEX ANALYTIQUE DE DOCUMENTATION

Les références de chaque article sont données dans l'ordre suivant : Numéro d'ordre, titre de l'article, nom de l'auteur, nom de la revue, date, numéro du fascicule, nombre de pages, nombre de planches.

B. — ARCHITECTURE ET URBANISME

1-69. Immeubles rationnels préfinancés. HERRENSCHMIDT, PFIRSCH, KAH; *Modernisation*, Fr. (avr.-mai-juin 1953), n° 13, p. 62-63, 2 fig. — Groupe de vingt blocs de neuf appartements chacun à Strasbourg. Distribution. Equipement. Procédé de construction. Isolations thermique et phonique. Revêtement. Constructions annexes et espaces libres. E. 25722.
CDU 728.2 : 711.

2-69. Les journées d'études du logement de l'Union nationale des Associations familiales. *Monit. Trav. publ. Bâtim.*, Fr. (27 juin 1953), n° 26, p. 23, 25, 27. — P. DUMONT : Comment réaliser l'abaissement du coût de la construc-

tion sans sacrifier la qualité de l'équipement. E. 25926. CDU 711 (061.3).

3-69. Le problème du logement et l'évolution des prototypes des maisons en alliage léger. *Rev. Alum.*, Fr. (juin 1953), n° 200, p. 230-235, 21 fig. — E. 25967.
CDU 711 : 728.3 : 691.77.

4-69. Urbanisme et maisons en hauteur. BOURGEOIS (V.); *Ossature métall.*, Belg. (juil.-août 1953), n° 7-8, p. 371-374, 1 fig., 2 réf. bibl. E. 26094. CDU 711 : 728.2.

5-69. La révélation de l'architecture brésilienne moderne (The revelation of modern Brazilian architecture). *Concr. Quarterly*, G.-B.

(avr.-juin 1953), n° 18, p. 2-4, 3 fig. E. 26233. CDU 72.

6-69. Valeur et organisation d'un plan de zone (The value and administration of a zoning plan). SMUTZ (H. E.); *Proc. A. S. C. E. (City Plan. Div.)*. U. S. A. (juil. 1952), vol. 78, Separ. n° 138, 13 p., 5 réf. bibl. — *Discussion*. HOROWITZ (H.), SMUTZ (H. E.); (mai 1953), vol. 79, Separ. n° D-138, 3 p., 1 réf. bibl. E. 21650, 25847. CDU 711.5.

7-69. Une architecture ordonnée dans un bourg de la Somme. *Constr. mod.*, Fr. (juin 1953), n° 6, p. 224-227, 11 fig. E. 25749. CDU 720.1 : 728.

Conformément aux recommandations faites par le Conseil International de Documentation du Bâtiment (C. I. D. B.), les analyses présentées dans la *Documentation Technique* comportent leur indexation suivant les notations de la Classification Décimale Universelle (CDU). Les analyses sont publiées dans la *Documentation Technique* dans l'ordre des rubriques de la classification, du système CORDONNIER, mise au point il y a quelques années pour le rangement du fichier de documentation de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics.

C. — SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

Ca RÉSISTANCE
DES MATÉRIAUX

8-69. Résistance des matériaux. MANUEL (G.); Éd.: Dunod, Paris (1953), 1 vol., vi + 258 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 907 au chap. III « Bibliographie ». E. 25724.

CDU 539.3 (02).

9-69. Résistance des matériaux (Strength of materials). MORLEY (A.); 10^e édit., Ed.: Longmans Green and Co., Londres, G.-B. (1951), 1 vol. x + 583 p., 265 fig. — Voir analyse détaillée B-911 au chap. III « Bibliographie ». E. 25643.

CDU 690.4 : 539.37 (02).

10-69. Transmission des charges dues au vent. (Die Uebertragung von Windkräften). SCHEER (E.); *Schweiz. Bauztg.*, Suisse (20 juin 1953), n° 25, p. 361-363, 11 fig. E. 25776.

CDU 533.6.

11-69. Une expérience sur la théorie des vides dans les matériaux pulvérulents (An experiment on the theory of voids in granular materials). WORTHINGTON (P. M.); *Magaz. Concr. Res.*, G.-B. (avr. 1953), n° 12, p. 121-126, 11 fig. 2 réf. bibl. E. 26058.

CDU 539.2 : 553.62.

12-69. Mesures des vibrations dans les usines (Measurement of factory vibrations). *Civ. Engng G.-B.* (juin 1953), vol. 48, n° 564, p. 542-543, 4 fig. E. 25729.

CDU 534.15 : 725.4.

Cac.n Procédés de calcul.

13-69. Sur la contrainte aux extrémités d'éléments de la structure d'un navire. I. YUILLE (I. M.); *Bull. tech. Bur. Vêritas*, Fr. (juin 1953), n° 6, p. 99-113, 18 fig., 13 réf. bibl. (Tiré de « Quarterly Transact. Instn Naval Archit. », jan. 1952). — Méthode tenant compte de l'encastrement partiel aux extrémités d'une poutre d'une structure chargée. Utilisation de la méthode de Hardy Cross et de l'analogie de colonne. Application aux contraintes dans une section transversale d'un cargo et aux contraintes dans un mât haubanné. Analyse d'essais. Théorie de l'analogie de colonne et formules de distribution du moment pour des poutres encastrees à une extrémité. E. 25624.

CDU 518.5.

14-69. La mesure des caractéristiques des solides et des sols. Résistance des poutres à l'effort tranchant. Détermination du coefficient à l'effort tranchant. Détermination du coefficient m. COUARD (A.); *Génie civ.*, Fr. (15 juin 1953), t. 130, n° 12, p. 225-229, 2 fig., 2 réf. bibl. E. 25735.

CDU 539.37 : 518.5.

15-69. Calculs rapides des constantes de flexion (Rapid computation of flexural constants). MORRISON (T. G.); *Proc. A. S. C. E.* (Struct. Div.), U. S. A. (fév. 1953), vol. 79, Separ. n° 170, 10 p., 6 fig. E. 25816.

CDU 539.3 : 518.5.

16-69. Répartition des contraintes et condition de résistance de deux cylindres en contact de roulement pressés l'un contre l'autre (Stress distribution and strength condition of two rolling cylinders pressed together). RADZIMOVSKY (E. I.); *Univ. Illinois Bull.*, U. S. A. (fév. 1953), vol. 50, n° 44 (Univ. Illinois Engng Exper. Stat.: Bull. Ser. n° 408), 40 p., 17 fig., 33 réf. bibl. E. 25865.

CDU 621.434 : 518.5.

17-69. Charge d'affaissement d'un élément chargé en bout avec extrémités fixées élastiquement (Collapsing load of a strut with elastically fixed ends). GERCKE (M. J.); *Engineering*, G.-B. (17 juil. 1953), vol. 176, n° 4564, p. 67-70, 6 fig. E. 26210.

CDU 539.424 : 518.5.

18-69. Quelques progrès récents dans le domaine des études et des calculs relatifs à la construction (Some recent developments in structural analysis and design). FRANCIS (A. J.); *Instn. Engrs, Austral.*, (Proc. Engng Conference), Austral. (1953), p. 1-11, 14 fig., 56 réf. bibl. — Progrès effectués au cours des vingt dernières années; méthodes élastiques appliquées aux charpentes, calcul direct de charpentes hyperstatiques, calcul et étude des constructions cellulaires et à voûtes autopoiteuses. Orientation des recherches actuelles vers des méthodes de calcul rationnelles. Facteur de sécurité. Place de l'Australie dans les recherches concernant la construction. E. 25265.

CDU 690.4 : 518.5.

19-69. Facteurs et coefficients de moments pour éléments de poutres à articulation intermédiaire de dilatation. I. II. (Beam factors and moment coefficients for members with intermediate expansion hinge). SAMADDAR (S. K.); *Indian Concr. J.*, Inde (15 juin 1953), vol. 27, n° 6, p. 245, 266, 3 fig.; (15 juil. 1953), n° 7, p. 284-287, 3 fig., 1 réf. bibl. E. 26174, 26647.

CDU 690 : 518.5.

Caf Essais et mesures.

20-69. Matériel pour essais de compression aux températures élevées (Equipment for compression-creep tests at high temperatures). JOHNSON (A. E.), FROST (N. E.); *Engineering*, G.-B. (3 juil. 1953), vol. 176, n° 4562, p. 28-29, 5 fig. E. 26059.

CDU 620.105 : 691.

21-69. Comptes rendus de la Société pour la détermination expérimentale des efforts (Proceedings of the Society for experimental stress analysis). MAHLMANN (C. V.), MURRAY (W. M.); Ed.: Society Experimental Stress Analysis, U. S. A. (1953), vol. X, n° 2, xxv + 195 p., 162 fig., 2 fig. h. t., 85 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B-908 au chap. III « Bibliographie ». E. 25698.

CDU 620.1 (02).

Ce MÉCANIQUE
DES FLUIDES

22-69. Mesures des vitesses de mélanges d'air et d'eau (Velocity measurements of air-water mixtures). STRAUß (L. G.), KILLEN (J. M.), LAMB (O. P.); *Proc. A. S. C. E.* (Hydraul. Div.), U. S. A. (mai 1953), vol. 79, Separ. n° 193, 14 p., 10 fig., 8 réf. bibl. E. 25846.

CDU 533.6 : 620.1.

23-69. Enroulements liquides et pertes d'énergie périodiques. I. BOUASSE (H.); *Chal. Industr.*, Fr. (juin 1953), n° 335, p. 145-156, 15 fig. — Enroulements alternés dus à un obstacle dans un courant. Généralités sur la formation des courants alternés; canal d'expérience, théorie classique, les « tourbillons » sont des enroulements, enroulements forcés. E. 25972.

CDU 532.

24-69. De l'écoulement en couches superposées à l'écoulement turbulent dans un large canal ouvert (Laminar to turbulent flow in a wide open channel). OWEN (W. M.); *Proc. A. S. C. E.* (Hydraul. div.), U. S. A. (avr. 1953), vol. 79, Separ. n° 188, 8 p., 3 fig., 11 réf. bibl. E. 25832.

CDU 532.13.

25-69. Manomètre à pression différentielle à tubes multiples pour mesurer l'écoulement moyen des fluides dans les conduits fermés (A multitube differential pressure manometer for measuring the average flow of fluids in closed ducts). CLARK (G. B.); *Univ. Illinois Bull.*, U. S. A. (mars 1953), vol. 50, n° 51 (Univ. Illinois Engng Exper. Stat.: Bull. Ser. n° 410), 30 p., 12 fig., 3 réf. bibl. E. 25867.

CDU 620.1 : 533.6.

26-69. Méthode directe d'approximations successives pour le calcul des profils de la surface de l'eau (A direct step method for computing water-surface profiles). EZRA (A. A.); *Proc. A. S. C. E.* (Hydraul. Div.), U. S. A. (mars 1953), vol. 79, Separ. n° 180, 10 p., 9 fig., 2 réf. bibl. E. 25827.

CDU 533.6 : 518.5.

Ci GÉOPHYSIQUE

Cib.m Étude des sols.

27-69. Géotechnique et minéralogie. CAPDECOMME (L.), FARRAN (J.), ORLIAC (M.); *Tech. mod. Constr.*, Fr. (mai 1953), t. 8, n° 5, p. 151-156, 8 fig., 6 réf. bibl. — Facteurs de l'altérabilité des roches; nature et proportion des constituants, surface spécifique présentée à l'agent corrosif; taux de fissuration; essai accéléré d'altération. Adhérence dans les bétons; influence de l'agrégat. Travaux de perforation et de reconnaissance. E. 25599.

CDU 624.131 : 620.19.

28-69. Résistance de frottement en terrain meuble. I. (De Wrijvingsweerstand in G-ond). RAEDSCHELDERS (H. M.); *Tech. wetenschapp. T.*, Belg. (jan. 1952), n° 1, p. 8-11, 5 fig. (résumés anglais, français, allemand). — Nouvelles conceptions et conclusions pratiques. E. 19768.

CDU 624.131.49

29-69. Rapport préliminaire sur des observations faites à Leeuhoef (Afr. Sud) (Preliminary report on level observations at Leeuhoef, Vereeniging). KANTEY (B. A.), DONALDSON (G. W.); *Nation. Build. Res. Inst.*, Afr. S. (déc. 1952), Bull. n° 9, p. 7-24, 12 fig., 4 réf. bibl. — Ces observations effectuées pendant deux ans, concernent des installations expérimentales érigées sur des argiles expansives. E. 26046.

CDU 624.131 : 552.52.

30-69. Critères de laboratoire pour la reconnaissance des sols expansifs (Laboratory criteria for the recognition of expansive soils). KANTEY (B. A.), BRINK (A. B. A.); *Nation. Build. Res. Inst.*, Afr. S. (déc. 1952), Bull. n° 9, p. 25-28, 2 fig., 1 réf. bibl. E. 26046.

CDU 624.131.3 : 620.1.

31-69. La capacité portante du béton et du rocher (The bearing capacity of concrete and rock). MEYERHOF (G. G.); *Magaz. Concr. Res.*, G.-B. (avr. 1953), n° 12, p. 107-116, 13 fig., 15 réf. bibl. E. 26058.

CDU 624.131 : 691.32.

32-69. Mouvement de l'humidité dans les sols du fait de la différence de température (Moisture movement in soils due to temperature difference). HADLEY (W. A.), EISENSTADT (R.); *Heat. Pip. Air Condition.*, U. S. A. (juin 1953), vol. 25, n° 6, p. 111-114, 4 fig., 2 réf. bibl. E. 25879.

CDU 624.131 : 697.138.

33-69. Expériences sur modèles pour étudier l'influence des suintements sur la stabilité d'une fouille blindée dans du sable (Model experiments to study the influence of seepage on the stability of a sheeted excavation in sand). MARSLAND (A.); *Géotechnique*, G.-B. (juin 1953), vol. 3, n° 6, p. 223-241, 20 fig., 10 réf. bibl. (résumé français). E. 25792.

CDU 624.131 : 690.592.

34-69. Mesure directe de la teneur en humidité naturelle des sols non saturés (The direct measurement of the natural moisture content of unsaturated soils). WOLPERT (L.); *Nation. Build. Res. Instn.*, Afr. S. (déc. 1952), Bull. n° 9, p. 47-73, 20 fig., 24 réf. bibl. E. 26046.

CDU 697.942 : 624.131.3.

35-69. Études de laboratoire sur les chemins de l'humidité dans les sols en fonction des gradients de température (Some laboratory

studies of the migration of moisture in soils under temperature gradients). JENNINGS (J. E.), HEYMANN (P. R. B.), WOLPERT (L.); *Nation. Build. Res. Instrn.*, Afr. S. (déc. 1952), Bull. n° 9, p. 29-46, 18 fig., 9 réf. bibl. E. 26046.

CDU 697.942 : 624.131.3.

36-69. Mesures de la pression des terres dans une tranchée (Métropolitain souterrain de Chicago) (Earth pressure measurements in open cut : contract D-8, Chicago subway). TIEN-HSING WU, BERMAN (S.); *Géotechnique*, G.-B. (juin 1953), vol. 3, n° 6, p. 248-258, 16 fig., 5 réf. bibl. (résumé français). E. 25792.

CDU 624.131 : 624.19.

37-69. Le problème des fondations à Meknès (Maroc) HUGON; *Rev. Génie milit.*, Fr. (mars-avr. 1953), t. 86, p. 122-181, 21 fig. E. 26225.

CDU 624.131.4 : 728.

38-69. Étude des opérations de correction

pour les glissements de terrain des routes (Analysis of corrective actions for highway landslides). BAKER (R. F.); *Proc. A. S. C. E. (Highw. Div.)*, U. S. A. (mai 1953), vol. 79, Separ. n° 190, 25 p., 10 fig., 14 réf. bibl. E. 25843.

CDU 624.131.4 : 625.731.

Cic Hydrographie.

39-69. L'hydrologie de la neige pour les réservoirs à objets multiples (Snow hydrology for multiple-purpose reservoirs). RIESBOL (H. S.); *Proc. A. S. C. E. (Hydraul. Div.)*, U. S. A. (mai 1953), vol. 79, Separ. n° 189, 19 p., 11 fig., 13 réf. bibl. E. 25842.

CDU 526.99 : 627.8.

Cid Atmosphère.
Météorologie. Climatologie.

40-69. Discussion du mémoire sur la variation

de la vitesse du vent et des coups de vent suivant l'altitude (Discussion of variation of wind velocity and gusts with height). PAGON (W. W.), SINGER (I. A.), SMITH (M. E.), THOMAS (P. H.), FRESSEN (M. H.), MCCORMICK (R. A.), COHEN (E.), SHERLOCK (R. H.); *Proc. A. S. C. E. (Struct. Div.)*, U. S. A. (mars 1953), vol. 79, Separ. n° D-126, 20 p., 6 fig., 21 réf. bibl. — (Article de R. H. SHERLOCK paru en avril 1952 et dans notre D. T. 15-57). E. 25824.

CDU 533.6 : 551.577.

41-69. Études de la précipitation des eaux de pluie en utilisant les réseaux de pluviométrie et le radar (Rainfall studies using rain-gage networks and radar). HUDSON (H. E., Jr.), STOUT (G. E.), HUFF (F. A.); *Proc. A. S. C. E. (Hydraul. Div.)*, U. S. A. (mars 1953), vol. 79, Separ. n° 178, 26 p., 17 fig., 17 réf. bibl. — E. 25828.

CDU 551.577.22 : 620.1.

D. — LES ARTS DE LA CONSTRUCTION

42-69. Comptes rendus de l'Association des Ingénieurs en Construction de Californie. Congrès annuel, 1952 (Proceedings. Structural Engineers Association of California. Annual convention, Riverside, 16, 17, 18 oct. 1952). Éd. : University of California Library, Californie (1952), 1 vol., 123 p., 35 fig., 43 fig. h. t., 21 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B-909 au chap. III « Bibliographie ». — E. 25699.

CDU 690 (02).

43-69. Enquêtes effectuées sur des chantiers de construction E. C. A. (Baustellen-Untersuchungen bei ECA-Entwicklungsbauten). TRIEBEL (W.); *Betonst.-Ztg.*, All. (juin 1953), n° 6, p. 221-226, 11 fig. (résumés français, anglais). — Chantiers E. C. A. à Francfort, Fribourg, Hanovre, Lubeck et Munich. Conditions techniques et économiques. Matériaux et modes de construction. Organisation des chantiers. Appareils et méthodes de travail. Cadence des travaux. E. 25931.

CDU 690.022.

44-69. Ordonnance royale concernant le bâtiment, promulguée au château de Stockholm le 30 juin 1947. (Byggnadsstadga; given Stockholms slott den 30 juni 1947). *Svensk Forfattningssamling*, Suède (14 juil. 1947), n° 390, p. 709, 732-733, 739, 760. — Prescriptions relatives aux conduits de fumée, aux foyers et appareils de chauffage, aux toitures, lucarnes, vasistas. E. 25717. — Trad. I. T. 359, 4 p.

CDU 697 : 331.14.

Dab MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

45-69. Le développement des matériaux et des éléments de construction (Zur Entwicklung der Baustoffe und Bauelemente). GRAF (O.); *V. D. I., All.* (21 mai 1952), vol. 94, n° 14-15, p. 401-408, 13 fig., 60 réf. bibl. — Ciment, chaux, plâtre, béton, béton léger, acier de construction, béton armé, bois et charpente en bois, isolation thermique et acoustique, protection des bâtiments, normalisation. E. 25116.

CDU 690.5.

Dab j Matériaux métalliques.

46-69. Principe de l'élévation de la limite élastique des aciers par vieillissement artificiel. Application aux conduites forcées, économie qui en résulte. I. II. (Utilizzazione del principio dello innalzamento del limite elastico degli acciai, ottenuto per invecchiamento ed invecchiamento artificiale nella costruzione delle condotte forzate ed economia che ne risulta).

BELLOMETTI (U.); *Costr. metall.*, Ital. (mars-avr. 1953), n° 2, p. 33-42, 11 fig.; (mai-juin 1953), n° 3, p. 33-38. E. 26185, 25089.

CDU 691.7 : 539.31.

47-69. Nomogramme pour le calcul rapide des poutres soumises à la flexion déviée [Nomogramme per il calcolo rapido delle travi soggette a flessione deviata (arcarecci)]. *Costr. metall.*, Ital. (mai-juin 1953), n° 3, p. 20-21, 2 fig. — E. 26185.

CDU 690.237.22 : 518.5.

48-69. Flambage par compression des tôles raidies. I. II. (fin) (Compressive buckling of stiffened plates). FALCONER (B. H.), CHAPMAN (J. C.); *Engineer*, G.-B. (5 juin 1953), vol. 195, n° 5080, p. 789-791, 11 fig., 4 réf. bibl.; (12 juin 1953), n° 5081, p. 822-825, 1 fig., 1 réf. bibl. E. 25587, 25690.

CDU 691.71 : 539.411.

49-69. Peintures antirouille modernes. MURRET (R.); *Man. gén. Peint.*, Fr. (juin 1953), n° 72, p. 277-280. — A base de cyanamide de plomb, de chromate de zinc, d'aluminium, de graphite et d'oxyde de fer micacé. E. 25873.

CDU 620.191 : 691.57.

50-69. L'aluminium utilisé comme matériau de construction. I. II. (fin) (Aluminium as a structural material). BRIDGEWATER (M.); *Engineering*, G.-B. (12 juin 1953), vol. 175, n° 4559, p. 762-765, 11 fig., 7 réf. bibl.; (19 juin 1953), n° 4560, p. 793-795, 5 fig., 7 fig. h. t., 3 réf. bibl. E. 25708, 25783.

CDU 691.77.

Dab l Matériaux rocheux. Pierres.

51-69. Rôle des bactéries dans l'altération des pierres calcaires des monuments. KAUFFMANN (J.); *Corrosion, Anti-corrosion*, Fr. (mai-juin 1953), vol. 1, n° 2, p. 33-41, 14 fig., 4 réf. bibl. E. 25886.

CDU 691.215.11 : 620.193.8.

52-69. Manuel des ouvrages en terre (Earth manual). U. S. Dept Inter., Bur. Reclam. Denver U. S. A. (Nouv. édit. fév. 1952), 332 p., nombr. fig. — Matériaux de terre. Recherches sur les fondations en terre. Sources d'approvisionnement des matériaux en terre. « Riprap » (Lits de grosses pierres) et remblais de roche. Exploration en dessous de la surface. Inspection et contrôle des ouvrages en terre. E. 25743.

CDU 624.131 : 691.41 (02).

Dab le Liants. Chaux. Plâtre. Ciments.

53-69. Action de l'eau de mer et des eaux agressives sur les chaux et ciments. Comportement des mortiers et bétons hydrauliques. Cas

particulier du béton armé. V. (fin). DURIEZ (M.); *Travaux*, Fr. (juil. 1953), n° 225, p. 349-353, 5 fig. — Méthodes de prévention contre les eaux agressives : dosage, plastifiants, entraîneurs d'air, hydrofuges de surface et de masse. Moyens de remédier à l'altération par les eaux agressives. Énumération de quelques cas typiques d'altération dont on a eu connaissance et moyens de les éviter. Conclusions. E. 25876.

CDU 691.5 : 620.193.

54-69. Note sur l'observation au microscope électronique de la prise des ciments Portland. ROBINSON (J. R.); *Ann. Ponts Chauss.*, Fr. (mai-juin 1953), n° 3, p. 281-286, 3 fig., 1 réf. bibl. E. 26096.

CDU 691.542 : 620.1.

55-69. Le symposium de la chimie du ciment. Londres, septembre 1952. BROCARD (J.); *Rev. Matér. Constr.*, Éd. « C », Fr. (juin 1953), n° 453, p. 181-186. — Constitution du ciment Portland; prise et durcissement du ciment Portland; ciments spéciaux; applications des recherches. E. 25917.

CDU 691.54.

56-69. Action du sulfate de calcium sur la prise des ciments métallurgiques sulfatés et des ciments de haut fourneau. BLONDIAU (L. et Y.); *Rev. Matér. Constr.*, Éd. « C », Fr. (juin 1953), n° 453, p. 165-174, 12 fig. E. 25917.

CDU 691.54.

57-69. Le système $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ autour de 20°C et le durcissement des ciments aluminés (Das System $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ bei 20°C und das Erhärten der Tonerdezeemente). D'ANS (J.), EICK (H.); *Zement-Kalk-Gips*, All. (juin 1953), n° 6, p. 197-210, 15 fig., 35 réf. bibl. (résumés français et anglais). — Une étude de la documentation a fait apparaître des contradictions au sujet du processus de prise des ciments aluminés. Essais systématiques effectués sur la relation $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ autour de 20°C . E. 25930.

CDU 691.54.

58-69. Essais de mélanges de ciment Portland avec des ciments à maçonner (Tests of blends of Portland cement with masonry cement). *Corps Engrs*, U. S. Army (Waterways Exper. Stn, Vicksburg Miss.), U. S. A. (mai 1953), Tech. Memor. n° 6-359, iv + 24 p., 7 fig., 13 fig. h. t., 3 réf. bibl. E. 25870.

CDU 691.54.

Dab l e s Agglomérés.

59-69. Un nouveau matériau très économique : le grès cellulaire « Silicel » contribuera à abaisser le coût de la construction en Algérie. DANTRAS (G.); *Trav. Publ. Bâtim.* (Algérie) (17 juil. 1953), n° 2183, p. 1. E. 26154.

CDU 691.3.

60-69. Réactions chimiques dans le traitement après prise, par la vapeur à haute pression, des produits en ciment de Portland (Chemical reactions in high-pressure steam curing of Portland cement products). HANSEN (W. C.); J. A. C. I., U. S. A. (mai 1953), vol. 24, n° 9, p. 841-855, 3 fig., 23 réf. bibl. E. 26011.
CDU 691.32-412 : 691.542.

61-69. L'extension des éléments préfabriqués en béton léger en Europe (El desarrollo de elementos prefabricados de hormigón liviano en Europa). ANDEREGG (F. O.); *Hormigón elastico*, Argent. (nov. 1952), n° 11, p. 10-18, 5 fig., 5 réf. bibl. (Tiré de « Rock Prod. » mai 1952). E. 24098.
CDU 691.32-412 : 693.057.1.

62-69. Évolution de l'industrie des agglomérés (Aus der Entwicklung der Betonsteinindustrie). *Betonst.-Ztg.*, All. (juin 1953), n° 6, p. 233-236, 1 fig. (résumés anglais, français). E. 25931.
CDU 691.32-412.

63-69. Fabrication de produits en béton au Danemark (Betonwarenherstellung in Dänemark). *Betonst.-Ztg.*, All. (juin 1953), n° 6, p. 236-237 (résumés anglais, français). E. 25931.
CDU 691.32-412.

Dab m Bois et matériaux. à base de bois.

64-69. Nos bois tropicaux. Éd. Comit. Nation. Bois Tropicaux, 16, rue de la Paix, Paris, Fr., 30 p., fig. — Leur utilisation. Essences convenant aux principaux emplois en ébénisterie, menuiserie de luxe et de bâtiment, charpentes, constructions navales, contreplaqués; fichier des caractéristiques et conditions d'utilisation de cinquante-six essences recommandées. E. 25969.
CDU 691.11.

65-69. Sur le séchage du bois. Idées simples et orientations. VILLIÈRE (A.); *Rev. Bois*, Fr. (juin 1953), vol. 8, n° 6, p. 14-18, 2 fig. E. 25854.
CDU 691.11 : 620.197.

66-69. Recherche sur l'absorption des produits d'imprégnation dans les diverses méthodes utilisées pour l'imprégnation des bois (Untersuchung über die Trankstoffaufnahme bei verschiedenen Methoden in der Holzimprägnierung). KOLJO (B.); *Svenska Träforskningsinstitut. Träteck.*, Suède (1953), Medd. 42 B, 34 p., 29 fig., 24 réf. bibl. E. 25756.
CDU 691.116.

Dac Peintures. Pigments. Vernis. Produits annexes.

67-69. La désignation en « teintes connues » des teintes principales employées en peinture en bâtiment. LE PETIT (A.); *Manuel gén. Peint.*, Fr. (juil.-août 1953), n° 73, p. 333-336. E. 26217.
CDU 691.57.

68-69. La peinture à la chaux. KEHR (A.); *Manuel gén. Peint.*, Fr. (juil.-août 1953), n° 73, p. 328-332. E. 26217.
CDU 691.57.

69-69. La couleur à l'atelier et au bureau (Colour in factory and office). *Commonwealth Austral.* (Depart. Lab. Nation. Serv.), Austral., Industr. Data Sheets n° C1 à C14, 41 fig. — Influence de la couleur sur les conditions de travail. Choix des matières colorantes et de la couleur : intérieur de bâtiment, matériel. Identification et sécurité. Couleurs caractéristiques et conventionnelles. Facteurs de réflexion de la couleur. E. 25765.
CDU 691.57 : 392.3 : 331.82.

70-69. Importance des couleurs (dans l'atelier) pour les ouvriers (Die Bedeutung der Farbe für den arbeitenden Menschen). BAERL (F.); *V. D. L.*, All. (21 mai 1952), vol. 94, n° 14-15, p. 426-430, 4 fig. h. t., 20 réf. bibl. E. 25116.
CDU 691.57 : 392.3 : 331.82.

71-69. Quelques données actuelles sur les Peintures ininflammables et ignifuges. JUNNE-

MANN (J. de); *Peint. Pigm. Vernis*, Fr. (juin 1953), vol. 29, n° 6, p. 485-487, 2 réf. bibl. E. 25780.
CDU 691.57 : 699.81.

72-69. Deuxième Congrès à Noordwijk (Pays-Bas) 18 au 22 mai 1953. *Chim. Peint.*, Belg. (juin 1953), n° 6, p. 220-230. — Mémoires relatifs aux peintures, protection anti-rouille, stabilité au stockage, mesures de l'épaisseur des couches, repérage du temps de séchage, vieillissement artificiel, propriétés mécaniques, essai au froid, variation en fonction du temps, dureté, porosité, durabilité. E. 25730.
CDU 691.57 : 791.71 (061.3).

73-69. Les défauts des surfaces d'acier et leur importance pour l'application des peintures. REOS (A.); *Peint. Pigm. Vernis*, Fr. (juin 1953), vol. 29, n° 6, p. 474-484, 22 fig. E. 25780.
CDU 691.57 : 691.7.

Dad PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES MATÉRIAUX

74-69. La perméabilité des bâtiments à l'air, aux gaz et aux vapeurs. CADIERGUES (R.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (sep. 1953), n° 69 (Équip. Tech. : XXXVII), p. 809-836, 42 fig. — Influence de la perméabilité sur l'isolation thermique et acoustique. Lois générales de la perméabilité. Perméabilité à l'air des divers matériaux, des structures à joints secs, de structures mobiles (fenêtres, etc.). Perméabilité à la vapeur d'eau. Formules générales sur la perméabilité. Bibliographie. E. 25714.
CDU 699.86 : 699.844.

Deb INFRASTRUCTURE ET MAÇONNERIE

Deb ja Consolidation du sol. Assèchement. Drainage.

75-69. Essais pour sols stabilisés (Tests for stabilized soils). *Engineering*, G.-B. (10 juil. 1953), vol. 176, n° 4563, p. 60. E. 26110.
CDU 624.138 : 620.1.

76-69. Traitement par l'asphalte émulsionné (Emulsified asphalt treatment). *West. Constr.*, U. S. A. (juin 1953), vol. 28, n° 6, p. 115-116, 3 fig. — Méthode utilisée pour améliorer une fondation en terre médiocre pour l'établissement d'une route. E. 25945.
CDU 624.138 : 691.161.

77-69. Méthode suédoise de compactage du sol par grandes étendues (emploi d'un vibreur compacteur) (Large scale soil compacting the Swedish way). *Muck Shifter*, G.-B. (juil. 1953), vol. 2, n° 7, p. 334-335, 1 fig. E. 26039.
CDU 624.138 : 621.879.

78-69. Compactage du sol par vibration (Vibratory soil compactor). *Engineering*, G.-B. (10 juil. 1953), vol. 176, n° 4563, p. 60, 1 fig. E. 26110.
CDU 624.138.

79-69. Le drainage permanent par pointes de filtrage. *Monit. Trav. Publ. Bâtim.*, Fr. (6 juin 1953), n° 23, p. 35-37, 39, 2 fig., 1 réf. bibl. — Procédé d'assèchement du sol par aspiration de l'eau au moyen de pompes par l'intermédiaire de tubes perforés préalablement enfoncés. Préparation du drainage. Matériel employé : tubes, pompes de drainage, pompes de fonçage des tubes. Mise en place d'une installation. Entretien et surveillance d'un chantier de drainage. E. 25591.
CDU 631.6.

80-69. Les pointes de filtrage ou tuyaux verticaux à assécher, peuvent servir à diverses opérations (Wellpoints can do many jobs). PRUGH (B. J.); *Constr. Methods*, U. S. A. (juin 1953), vol. 35, n° 6, p. 72-74, 77-78, 81, 84, 88-89, 11 fig. — L'usage des pointes de filtrage est bien connu pour assécher les excavations afin de permettre la construction « en

fouille sèche », mais leur emploi s'étend de plus en plus pour stabiliser les sols, libérer les barrages et les digues des pressions internes des eaux et créer des alimentations en eau pure pour les collectivités et l'industrie. E. 25954.
CDU 624.138 : 631.6.

Deb je Terrassements.

81-69. Excavation de roches et de limon par explosifs dans les cours d'eau. I. II. (The excavation of rock and silt from watercourses by blasting). HASLAM (R.), HANCOCK (J.); *Engineer*, G.-B. (12 juin 1953), vol. 195, n° 5081, p. 825-827, 3 fig.; (19 juin 1953), n° 5082, p. 850-852, 11 fig., 4 réf. bibl. E. 25690, 25850.
CDU 624.13 : 662.2.

Deb ji Fondations.

82-69. Fondations dans un marais (Foundation in a marsh). LEON (N.); U. S. Navy, *Civ. Engr Corps Bull.*, U. S. A. (juin 1953), vol. 7, n° 6, p. 18-19, 4 fig. — Travaux considérables de fondation pour le monument commémoratif de Lincoln à Washington. E. 25798.
CDU 624.15 : 725.94.

83-69. Construction de gros caissons flottants pour l'infrastructure du pont de Tappan Zee (Building big buoyant boxes for bridge substructure). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (9 juil. 1953), vol. 151, n° 2, p. 33-34, 36-37, 9 fig. — Le pont sur la rivière Hudson aura 4,8 km de long. Huit caissons de dimensions diverses, submergés, étanches, supporteront 80 % du poids mort du pont. Des piles supporteront les 20 % restants et les charges mobiles. E. 26215.
CDU 624.157 : 624.27.

84-69. Abaques pour le calcul des palplanches métalliques ancrées (Design curves for anchored steel sheet piling). BOYER (W. C.), LUMMIS (H. M.); *Proc. A. S. C. E. (Waterw. Div.)*, U. S. A. (jan. 1953), vol. 79, Separ. n° 165, 12 p., 7 fig., 8 réf. bibl. E. 25808.
CDU 624.15 : 518.5.

85-69. Fondations en forme de gril pour l'agrandissement du Capitole de l'Etat de Californie à Sacramento (Grid-type footings support California State Capitol extension). JOHNSON (F. A.); *Civ. Engng*, U. S. A. (juin 1953), vol. 23, n° 6, p. 29-31, 4 fig. E. 25797.
CDU 725.1 : 624.15.

Deb li Bétons.

86-69. Nouvel instrument pour essai du béton; détermination du rapport eau-ciment par l'électricité (New instrument tests concrete mix; water-cement ratio found electrically). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (11 juin 1953), vol. 150, n° 25, p. 51, 53, 2 fig. E. 25891.
CDU 691.32 : 620.1.

87-69. Contrôle de la qualité du béton (The control of concrete quality). MURDOCK (L. J.); *Proc. Instn civ. Engrs*, G.-B. (juil. 1953), (Part. 1, Gen.), vol. 2, n° 4, p. 426-453, 13 fig., 8 fig. h. t., 16 réf. bibl. E. 26103.
CDU 691.32 : 620.1.

88-69. Nouveaux essais sur le béton. I. (Nieuwe onderzoekingen op betongebied). L'HERMITE (R.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (déc. 1951), n° 11-12, p. 191-195, 13 fig., 1 réf. bibl. (résumés anglais, français, allemand). E. 18484.
CDU 691.32 : 620.1.

89-69. Essais acoustiques du ciment et du béton (Het beoordelen van cement en beton door acoustisch onderzoek). KREIJGER (P. C.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (déc. 1951), n° 11-12, p. 202-207, 21 fig., 18 réf. bibl. (résumés anglais, français, allemand). E. 18484.
CDU 691.32 : 620.1.

90-69. Étude des mélanges pour béton (Concrete mix design). BOYD MERCER (L.); *Melbourne tech. College*, Austral. (1953), Res. Bull. n° 2, 59 p., 13 fig. — Facteurs qui in-

fluent sur la résistance : ciment, agrégats. Essais des ciments. Granulométrie des agrégats. Principes fondamentaux pour l'étude des mélanges. Influence de l'eau de mélange, de la température et du mode opératoire utilisé pour le mélange et le gâchage. Manipulation et prélèvement d'échantillons, compactage, durcissement, essais mécaniques. Analyses statistiques. Application à quelques exemples concrets. E. 25737. CDU 691.32.

91-69. Réactions entre agrégats et ciment. III. Action réciproque des alcalis et des agrégats. Essais sur éprouvettes d'expansion. Ciments à teneurs moyennes en alcali (Reactions between aggregates and cement. Part. III. Alkali-aggregate interaction the expansion bar test : Cements of medium alkali content). JONES (F. E.), TARLETON (R. D.); *Nation. Build. Stud.* (B. R. S.), G.-B. (1952), Res. pap. n° 17, v + 30 p., 15 fig., 16 pl. h. t., 15 réf. bibl. E. 25760. CDU 691.322 : 691.54.

92-69. La pouzzolane utilisée comme liant et agrégat (Pozzolan als Bindemittel und Zusatzstoff). PARISSI (F.), STRAUB (H.); *Schweiz. Bauztg.*, Suisse (18 juil. 1953), n° 29, p. 422-425, 9 fig., 13 réf. bibl. E. 26184. CDU 691.322.

93-69. Emploi de l'écume de laitier de Sydney (Nouvelle Écosse, Canada) comme agrégat léger (Sydney foamed slag as a lightweight aggregate). FORAN (M. R.), BALL (S.), JOHNSON (R. E.), WALLACE (J. R.); *Engng J.*, Canada (mai 1953), vol. 36, n° 5, p. 566-572, 12 fig., 12 réf. bibl. E. 25772. CDU 691.322.55.

94-69. Étude expérimentale de la qualité du béton mis en œuvre pour la reconstruction du pont de Villeneuve-Saint-Georges sur la Seine. II. BONNET (M.); *Ann. Ponts Chauss.*, Fr. (mai-juin 1953), n° 3, p. 287-314, 3 fig., 5 réf. bibl. E. 26096. CDU 691.32 : 624.27.

95-69. Contribution à l'étude du béton frais. (Application à l'analyse du traitement « Vacuum Concrete »). II. LEVIANT; *Ann. Ponts Chauss.*, Fr. (mai-juin 1953), n° 3, p. 315-356, 20 fig., 1 réf. bibl. E. 26096. CDU 691.32.

96-69. Le béton fabriqué en usine (Factory-made concrete). *Architect.*, G.-B. (2 juil. 1953), vol. 204, n° 1, 1 p. h. t. — Peut-on admettre pour lui des contraintes plus élevées et des recouvrements moins épais sur les armatures? E. 26015. CDU 691.32.

97-69. Projet d'installation pour la fabrication du béton à Maithon (INDER) (Proposed concreting plant at Maithon). IYENGER (N. S.), SHAHI (G. P.); *Indian Concr. J.*, Inde (mai 1953), vol. 27, n° 5, p. 208-210, 3 fig., 1 pl. h. t. E. 25721. CDU 691.32 : 725.4.

98-69. Installation de malaxage du béton (Betongstationer). KULLSTEDT (H.); *Betong.*, Suède (1953), n° 2, p. 65-99, 27 fig. (résumé anglais). E. 26180. CDU 691.32 : 621.9.

99-69. Essais d'étalement sur les mortiers. DAVIN (M.); *Tech. Mod. Constr.*, Fr. (juin 1953), t. 8, n° 6, p. 194-198, 10 fig. E. 25902. CDU 691.32.

100-69. La granulométrie des bétons vibrés. Application à la fabrication des claveways de mines. III. (fin). MANCHE (H.); *Rev. Matér. Constr.*, Ed. « C », Fr. (juin 1953), n° 453, p. 187-193, 15 fig., 2 réf. bibl. E. 25917. CDU 693.556.4.

101-69. Traitement du béton frais d'après les prescriptions du Bureau of Reclamation (concrete curing). *Tech. mod. Constr.*, Fr. (mai 1953), t. 8, n° 5, p. 173-174, 1 fig. — Traitement par arrosage de quatorze à vingt et un jours; protection contre le soleil par des matériaux humides. Traitement à la vapeur pour les éléments préfabriqués et pour la protection du béton par temps froid. Traitement par « sealing compounds » pour éviter l'évaporation de l'eau du béton; avantages et inconvénients. E. 25599. CDU 691.32.

102-69. Le béton léger en Amérique (Lightweight concrete in America). WHITAKER (T.); *Nation. Build. Stud.* (B. R. S.), G.-B. (1953), Spec. Rep. n° 13, vi + 70 p., 31 fig., 24 pl. h. t., 39 réf. bibl. — Agrégats légers. Installations pour la fabrication des produits en béton. Blocs de béton en usage. Éléments préfabriqués pour toitures. Construction sur le chantier. Bétons et plâtres extra-légers. E. 25761. CDU 691.32 : 691.55.

103-69. Agrégats légers (Lightweight aggregate). HODSON (H.); *Constr. Rev.*, Austral. (avr. 1953), vol. 25, n° 12, p. 19-29, 25 fig., 9 réf. bibl. E. 25888. CDU 691.322.

104-69. Siporex, béton léger suédois (Siporex. A Swedish lightweight concrete). *Indian Concr. J.*, Inde (15 mai 1953), vol. 27, n° 5, p. 219-220, 2 fig. (Tiré de « Swed. Internation. Press Bureau »). E. 25721. CDU 691.32.

105-69. L'air entraîné : un facteur dans le calcul des mélanges pour béton (Entrained air. A factor in the design of concrete mixes). U. S., Dept. Inter., Bur. Reclam. (Engng Geologic. Control Res. Div.) Denver, U. S. A. (15 mars 1946), Mater. Lab., Rep. n° C-310, 14 p., 4 pl. h. t., 14 fig. h. t., 94 réf. bibl. — Résultats des essais effectués sur cent deux mélanges. La quantité d'air entraînée dans un mélange donné dépend de nombreuses variables : granulométrie du ciment, consistance du mélange, type et quantité de l'agent d'entraînement d'air. Les résultats se sont révélés reproductibles à 99 % et ont permis de déduire douze conclusions, sur l'effet de l'air entraîné sur la maniabilité, la diminution de la résistance et du module d'élasticité, le mode opératoire des essais. En annexe tableaux donnant les caractéristiques des matériaux qui intéressent les essais et dix diagrammes. E. 25741. CDU 691.32 (02).

106-69. Renseignements et instructions pour l'emploi des produits entraîneurs d'air dans le béton (Information and instructions for use of air-entraining admixtures in concrete). U. S., Dept. Inter., Bur. Reclam. (Engng Geologic. Control Res. Div.) Denver, U. S. A. (22 mars 1946), Tech. Concr. Control Section Rep. n° C-307, 16 p., 7 fig. h. t. — Les raisons de l'entraînement voulu d'air dans le béton (3 à 5 %) en volume. Divers produits entraîneurs d'air. Mode d'addition de l'agent entraîneur d'air dans le malaxeur. Calcul et dosage du mélange quand on effectue l'entraînement d'air. Essais de contrôle et rapports graphiques de la diminution de résistance. Considérations pratiques. Instructions pour les constructions, l'installation et le fonctionnement de l'appareil Dewey et Almy. E. 25740. CDU 691.32 : 693.552.7 (02).

107-69. L'entraînement intentionnel de l'air dans le béton. I. II. (fin) (Purposeful entrainment of air in concrete). WUERFEL (C. E.); *Highw. Bridges Engng Works*, G.-B. (15 juil. 1953), vol. 20, n° 992, p. 6, 9; (22 juil. 1953), n° 993, p. 6. E. 26178, 26254. CDU 691.32.

108-69. Nécessité d'établir soigneusement les plans pour les constructions en béton préfabriqué (Careful planning a necessity in building with precast concrete). PROCK (B. H.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (mai 1953), vol. 24, n° 9, p. 833-840, 12 fig. E. 26011. CDU 720.1 : 693.57.

Deb m Maçonnerie

109-69. Revue de la construction en pierre en Écosse (Survey of building in sandstone in Scotland). BROUGHTON (H. F.), ILLINGWORTH (J. R.); *RICE* (G. G.); *Nation. Build. Stud.* (B. R. S.), G.-B. (1953), Spec. Rep. n° 20, iv + 23 p., 12 fig. E. 25763. CDU 693.2 : 691.1.

110-69. Maçonnerie. Calcul et exécution (Mauerwerk. Berechnung und Ausführung). *Dtsch. Norm.*, All. (déc. 1952), Norme allemande DIN 1053, 10 p., 20 fig. — Généralités. Stabilité des ouvrages et de leurs éléments.

ments. Autres conditions à remplir (isolation contre la chaleur, l'humidité, le bruit; protection contre l'incendie; cheminées). Mortiers et enduits. Éléments spéciaux. Mise en œuvre des pierres. Principes des calculs. Sollicitations admissibles. E. 25739. CDU 693.1 : 518.5 : 699.8.

Deb mo Enduits. Revêtements.

111-69. Ouvrages hydrauliques (quais, barrages, digues et talus de canaux) en matériaux bitumineux (Wasserbauwerke (Buhnen, Dämme, Deiche und Kanalböschungen), in Bitumenbauweise). RÖHNISCH; *Wasserwirtschaft*, All. (juin 1953), n° 9, p. 225-228, 11 fig. E. 25751. CDU 693.625 : 691.161.

Deb ne Béton armé.

112-69. Technique actuelle du béton armé. I. PADUART (A.); *Ann. Trav. Publ. Belg.*, Belg. (fév. 1953), t. 54, n° 1, p. 83-122, 30 fig., 20 réf. bibl. — Technologie du béton. Constitution. Prise. Granulométrie. Maniabilité. Retrait. Adhérence. Colcrete et Prepekt. Porosité. Contraintes; leurs mesures. Élasticité. Plasticité. E. 26072. CDU 693.55 : 691.32.

113-69. La sécurité à la limite plastique des constructions mixtes (acier-béton) à âme pleine (Die Fließsicherheit von Vollwand-Verbundkonstruktionen). SÄTTLER (K.); *Bautechnik*, All. (juin 1953), n° 6, p. 153-160, 18 fig., 8 réf. bibl. E. 25679. CDU 693.55 : 518.5.

114-69. Armature des dalles et des voûtes minces. Calculs conformes à la théorie de l'élasticité (Armering av elasticitetsteoretiskt beräknade plattor, skivor och skal). HILLERBORG (A.); *Betong*, Suède (1953), n° 2, p. 101-109, 4 fig. (résumé anglais). E. 26180. CDU 693.55 : 518.5.

Deb ni Béton précontraint.

115-69. Principes et pratique du béton précontraint (The principles and practice of prestressed concrete). ABELES (P. W.); Ed.: Crosby Lockwood and Son, Londres, G.-B. (1952), vol. 1, 2^e édit., xii + 116 p., 97 fig., 73 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B-910 au chap. III « Bibliographie ». E. 25572. CDU 691.328.2 : 539.37.

116-69. Étude expérimentale de poutres continues en béton précontraint IV. (fin). GUYON (Y.); *Travaux*, Fr. (juil. 1953), n° 225, p. 354-360, 9 fig. — Étude de la rupture des poutres précontraintes, calcul de la charge de rupture et comparaison avec les essais dans quatre cas. Conséquences et perspectives possibles : exemple d'un calcul élastique et du calcul dans l'hypothèse de la plasticité. E. 25876. CDU 690.237.22 : 693.57.

117-69. Pont supérieur de route en béton précontraint (Prestressed highway overcrossing). *West. Constr.*, U. S. A. (mai 1953), vol. 28, n° 5, p. 64-67, 139, 7 fig. — Mise en place de dix poutres en 5,30 heures avec deux grues sur « trucks ». E. 25874. CDU 624.27 : 693.55.

118-69. La précontrainte source d'économie dans la construction (Prestressed for structural economy). *West. Constr.*, U. S. A. (juin 1953), vol. 28, n° 6, p. 87-88, 2 fig. — Emploi de grosses poutres préfabriquées pour des ponts destinés au charroi des bois. Les ponts ont été transportés par la route à 160 km (dans le Washington, U. S. A.). E. 25945. CDU 691.328.2 : 693.057.1.

119-69. Dalles et voûtes minces en béton précontraint; un système économique d'ossature (Thin-shell precast concrete; an economical framing system). AMIRIKIAN (A.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (mai 1953), vol. 24, n° 9, p. 775-779, 8 réf. bibl. E. 26011. CDU 690.244 : 693.57.

120-69. Portiques en béton précontraint pour la buanderie de l'armée américaine en Allemagne, à Mannheim (Prestressed concrete frames characterize U. S. army laundry in Germany). STEINHARDT (O. W.); *Civ. Engng*, U. S. A. (juin 1953), vol. 23, n° 6, p. 44-45, 5 fig. E. 25797. CDU 693.9 : 691.328.2.

121-69. Construction d'un entrepôt peu coûteux avec des poutres précontraintes (Low-cost warehouse with prestressed girders). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (11 juin 1953), vol. 150, n° 25, p. 41-43, 5 fig. E. 25891. CDU 725.35 : 693.57.

122-69. Poutres précontraintes pour la construction rapide d'étages intermédiaires (Beam prestresses for fast erection of mezzanine). WILCOX (F. W.); *Engng News-Rec.*, U. S. A. (18 juin 1953), vol. 150, n° 26, p. 32, 35-36, 6 fig. E. 25923. CDU 690.237.22 : 693.57.

123-69. Programme du Service des Travaux Publics du Massachusetts pour les ponts en béton précontraint (The Massachusetts Department of Public Works program in prestressed concrete bridges). HENDERSON (W. A.); *J. Boston Soc. Civ. Engrs*, U. S. A. (avr. 1953), vol. 40, n° 2, p. 85-102, 10 fig. E. 25853. CDU 624.27 : 693.57.

124-69. Avantages du béton précontraint pour la construction d'écoles (Reducing first cost and maintenance with precast concrete for schools). PETERSON (J. L.); *West. Constr.*, U. S. A. (mai 1953), vol. 28, n° 5, p. 72-74, 94, 5 fig. E. 25874. CDU 727.112 : 693.55.

125-69. Le calcul des poutres continues précontraintes de section uniforme (The design of prestressed continuous beams of uniform section). ROBERTSON (R. G.); *Magaz. Concr. Res.*, G.-B. (avr. 1953), n° 12, p. 97-106, 6 fig., 4 réf. bibl. E. 26058. CDU 693.57 : 518.5.

126-69. Un pont-route en béton précontraint dans les Hébrides (Écosse) (A prestressed concrete road bridge in the Hebrides). *Concr. Quarterly*, G.-B. (avr.-juin 1953), n° 18, p. 29-32, 4 fig. — Trois travées égales de 32,5 m. Les poutres sont formées chacune de huit segments préfabriqués, en U, de 3,6 m de long et de deux blocs terminaux massifs. Le tout est précontraint suivant le système Magnel-Blaton de post-tension. Longueur de chaque poutre terminée : 32,5 m; poids : 52 t. Largeur du pont : 396 m entre parapets. E. 26233. CDU 625.74 : 693.57.

127-69. Huit réservoirs en béton précontraint (Eight prestressed concrete tanks). *Concr. Quarterly*, G.-B. (avr.-juin 1953), n° 18, p. 37-41, 4 fig. (Tiré d'un article de A. R. MAIS et A. C. LITTLE). E. 26233. CDU 621.642 : 693.57.

128-69. Passerelle en béton précontraint de Whiteleigh (Whiteleigh prestressed concrete foot-bridge). *Highw. Bridges Engng Works*, G.-B. (24 juin 1953), vol. 20, n° 989, p. 1-4, 1 fig. — Longueur totale : 88 m, en cinq travées inégales. E. 25905. CDU 625.74 : 693.57.

129-69. Le béton précontraint. V. VI. (Prestressed concrete). HARRIS (J. D.), MORICE (P. B.); *Indian Concr. J.*, Inde (15 juin 1953), vol. 27, n° 6, p. 253-266, 31 fig.; (15 juil. 1953), n° 7, p. 293-294, 2 fig. — Posttension. Bâtiments. Ponts. E. 26174, 26647. CDU 691.328.2 : 693.57.

130-69. Constructions composites en béton précontraint. I. (Samengestelde constructies met behulp van voorgespannen beton). BRUGELING (A. S. G.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (déc. 1951), n° 11-12, p. 208-210, 16 fig., 9 réf. bibl. (résumés anglais, français, allemand). — Poutre en béton précontraint associé à des corps creux et à du béton coulé en place. E. 18484. CDU 693.57.

131-69. Le rectangle équivalent dans le calcul du béton précontraint (The equivalent rectangle in prestressed concrete design). PEEBLES (J. J.); *Proc. A. S. C. E. (Struct. Div.)*, U. S. A. (avr. 1953), vol. 79, (Separ. n° 187, 11 p., 6 fig. E. 25833. CDU 691.328.2.

132-69. Idées fondamentales et calcul des sections de béton précontraint. II. III. (Idées fondamentales y calculo de secciones de hormigon pretensado). CEBALLOS (G.); *Cemento Hormigon*, Esp. (juin 1953), vol. 19, n° 231, p. 192-197, 3 fig.; (juil. 1953), n° 232, p. 230-235, 2 fig. E. 25852, 26269. CDU 691.328.2 : 518.5.

133-69. La barre de béton précontrainte au centre de gravité, employée comme armature dans les constructions en béton armé « Système Gessner » (Der zentrisch vorgespannte Betonstab als Bewehrung von Stahlbetonkonstruktionen « System Gessner »). GESSNER (M.); *Betonst.-Ztg*, All. (juin 1953), n° 6, p. 219-221 (résumés anglais, français). E. 25931. CDU 693.57 : 691.328.

CDU 693.57 : 691.328.

Dec CHARPENTE MENUISERIE SERRURERIE

Dec j Travail du bois.
Charpente. Menuiserie.

134-69. Un marteau revolver. I. STAINS (H.); *Rev. Bois*, Fr. (juin 1953), vol. 8, n° 6, p. 23, 1 fig. — Permet d'enfoncer des pointes à tête normale ou fileté, dans les matériaux durs, tels que : fer, béton, pierre, brique pleine, bois. E. 25854. CDU 694 : 621.9 : 621.886.

135-69. Les colles dans l'industrie du bois. Propriétés, préparation et emploi des types les plus usuels de colles (Die Leime in der Holzindustrie. Eigenschaften, Vorbereitung und Anwendung der gebräuchlichsten Leimtypen). MARIAN (J. E.), FICKLER (H. H.); *Svenska Träförskningsinstitut. Trätekn.*, Suède (1953), Meddel. 44 B, 15 p., 8 fig., 42 réf. bibl. (Tiré de « Holz. Roh-Werkstoff », All. 1953, n° 11, p. 18-27, 37-40). E. 25757. CDU 694.11 : 668.3.

Dec l Travail des métaux.
Charpente. Soudure. Menuiserie.

136-69. Soudage par points des aciers demi-durs faiblement alliés. Propositions concernant la définition d'une bonne soudure et le réglage des machines à souder à contrôle électronique. JOURNAL (P.); *Soud. Tech. con.*, Fr. (mai-juin 1953), vol. 7, n° 5-6, p. 113-130, 43 fig., 2 réf. bibl. E. 25965. CDU 691.71 : 621.791.5.

137-69. La préparation des profilés en acier pour la construction (The preparation of structural steel sections). *Engineer*, G.-B. (19 juin 1953), vol. 195, n° 5082, p. 872-874, 6 fig. E. 25850. CDU 693.97 : 691.7.

Ded TRAVAUX D'ACHÈVEMENT

Ded j Couverture.

138-69. Nouveau produit pour couverture : « Strapazoid-Super » (Strapazoid-Super, ein neuer Dachstoff). ANDERNACH (A. W.); *Bitum.-Teere-Asph.-Pech-ver.-Stoffe*, All. (juin 1953), n° 6, p. 160, 5 fig. — Genre carton bitumé, posé directement sur lattes. E. 25887. CDU 690.241.

Ded ma Travaux
de peinture.

139-69. Rôle et utilité du matériel à peindre. Ce que représente une installation de matériel pour peinture au pistolet. Conditions optima à réunir pour son bon emploi. I. *Manuel gén. Peint.*, Fr. (juil.-août 1953), n° 73, p. 336-338, 1 fig. E. 26217. CDU 698.1.

Ded mi Vitrierie.

140-69. Le verre ondulé équipe des surfaces courbes (Usine de Flins, Seine-et-Oise). *Glaces, Verres*, Fr. (juin 1953), n° 126, p. 21-22, 2 fig. E. 26012. CDU 691.6.

Def PRÉFABRICATION

141-69. Bâtiments préfabriqués de dimensions diverses en alliage léger (Prefabricated light alloy buildings in many sizes). *Muck Shifter*, G.-B. (juin 1953), vol. 2, n° 6, p. 286-287, 2 fig. E. 25585. CDU 728 : 693.057.1. : 691.77.

Dib PLOMBERIE SANITAIRE

142-69. Problèmes que pose la distribution d'eau dans un sanatorium. I. II. *Tech. Inform. Chauff. Plomberie*, Fr., nouv. sér. n° 4, p. 24-25, 27-29, 2 fig.; (fév. 1953), n° 5, p. 8-9, 11-13, 3 fig. E. 24366, 25713. CDU 696.11 : 725.515.

143-69. Installation d'adoucisseurs d'eau dans les habitations (How to install home water softening equipment). *Plumb. Heat. J.*, U. S. A. (juin 1953), vol. 124, n° 9, p. 65, 111, 3 fig. E. 25851. CDU 696.14 : 628.16.

Dic CLIMATISATION

144-69. Chauffage. Ventilation. Conditionnement d'air. MISSENAUD (A.), CADIERGUES (R.); Éd. Eyrolles, Paris (1953), 1 vol., 256 p., 130 fig., 8 pl. h. t. — Voir analyse détaillée B-905 au chap. III « Bibliographie ». E. 25858. CDU 697 (02).

145-69. Chauffage et ventilation des prisons (Heating and ventilating prisons). RINEHART (W. R.); *Heat. Ventil.*, U. S. A. (juin 1953), vol. 50, n° 6, p. 98-108, 12 fig. E. 25689. CDU 697 : 725.6.

146-69. L'isolation thermique dans le bâtiment. CAYATTE (J.); *Sanit. Couvert. Chauff.*, Fr. (mai 1953), n° 5, p. 30-31. — Rappel des notions d'isolation thermique, de sensation de chaleur et de fraîcheur. Calcul des déperditions thermiques des locaux. Choix du calorifuge le plus économique, formule de Wadin. Cahiers des charges américains, leurs exigences. Essais auxquels doivent satisfaire les matériaux isolants proposés. E. 25754. CDU 691 : 699.86.

Dic l Chauffage.

147-69. Causes des perturbations du tirage des cheminées (Ursachen von Zugstörungen am Schornstein). *Tech. Schornsteinfegerhandwerk*, All. (1953), n° 4, p. 29-30, 5 fig. (Suite du numéro 3/1953). — Causes et remèdes des entrées d'air parasite à travers les foyers. Influence des conditions atmosphériques et du vent. Conditions nouvelles imposées aux cheminées. Effets des bombardements, cheminées bistrées, combustibles défectueux, foyers à grand rendement. Détermination de la puissance de tirage d'une cheminée. E. 25716. Trad. I. T. 355 bis, 6 p. CDU 697.243.

148-69. Recherches sur l'influence des défauts d'étanchéité (des cheminées) sur les propriétés de chauffage et de cuisson des foyers domestiques au charbon (Untersuchungen über den Einfluss von Undichtheiten auf die Heiz- und Kocheigenschaften von Haushalt-Kohleherden). SCHULE (V.), PREISENDANZ (K.); *Heiz.-Luft.-Haustech.*, All. (mai 1953), vol. 4, n° 3, p. 91-95, 11 fig., 3 réf. bibl. E. 25399. CDU 697.243.

149-69. Notes pratiques sur l'entretien des brûleurs à gaz. Causes des fusions de fusibles.

Commande à la main des fours. Détection des courts-circuits (Practical notes on gas burner service : Causes of blown fuses. Manual operation of furnaces. Detecting shorts). WADSWORTH (P. K.); *Plumb. Heat. J.*, U. S. A. (juin 1953), vol. 124, n° 9, p. 85-87, 5 fig. E. 25851. CDU 697.24 : 662.764.

150-69. Pertes de chaleur dans les planchers en dalles (Heat loss in slab floors). *Heat. Ventil.*, U. S. A. (juin 1953), vol. 50, n° 6, p. 89-90, 4 fig. E. 25689. CDU 697.353 : 690.25.

151-69. Pertes de chaleur à travers les planchers chauffés (Losses from heated floors). BILLINGTON (N. S.); *J. Instn Heat. Ventil. Engrs.*, G.-B. (juin 1953), vol. 21, n° 214, p. 104-108, 7 fig., 4 réf. bibl. E. 25790. CDU 697.353 : 690.25.

152-69. Expériences sur des panneaux chauffants mis en service par intermittence (Experiments with intermittently operated floor panels). BILLINGTON (N. S.), SHAW (E. W.); *J. Instn Heat. Ventil. Engrs.*, G.-B. (juin 1953), vol. 21, n° 214, p. 109-113, 6 fig., 1 réf. bibl. E. 25790. CDU 697.353 : 620.1.

153-69. Solution de crise. MICHAUD (J.); *Tech. Inform. Chauff. Plomberie*, Fr. (fév. 1953), nouv. sér. n° 5, p. 2-3. — Rappel des évolutions successives en matière de chauffage. Préoccupations actuelles : comptage des calories, installations individuelles. Échangeur d'appartement. E. 25713. CDU 697.124.

154-69. Développement de la technique du chauffage en Suède (Entwicklung der Heiztechnik in Schweden). HOLST (S.); *Cesundheitsingenieur*, All. (juin 1953), n° 11-12, p. 179-184, 16 fig. E. 25944. CDU 697.

Dic m Réfrigération.

155-69. Discussion sur l'utilisation d'une partie des chaleurs perdues par la cheminée, dans une installation de chauffage à eau chaude de la maison expérimentale I. B. R (Heat supplied to I=B=R research home from the inside chimney). HARRIS (W. S.), MARTIN (R. J.); *Univ. Illinois, Bull.*, U. S. A. (jan. 1953), vol. 50, n° 36 (Univ. Illinois Engng Exper. Stat. : Bull. Ser. n° 407), 47 p., 18 fig., 8 réf. bibl. E. 25864. CDU 697.4.

156-69. Installation de chaudière à eau chaude à haute température à Dartmouth (High temperature hot water boiler plant at Dartmouth). FROST (J. C.); *Engng J.*, Canada (juin 1953), vol. 36, n° 6, p. 714-717, 4 fig. E. 26199. CDU 697.4 : 697.325.

157-69. Conditions particulières aux installations de chauffage central à vapeur à basse pression. *Monit. Instal. Chauff. Central*, Belg. (juin 1953), n° 6, p. 7, 9, 11, 13, 15, 1 fig. — Projet de norme NBN 239. E. 25625. CDU 697.53.

158-69. Chauffage par pompe. LEONARD (C.); *Tech. Inform. Chauff. Plomberie*, Fr. (fév. 1953), nouv. série, n° 5, p. 4-5, 7, 3 fig. — Conditions d'emploi du système. Cas où le chauffage par pompe est nécessaire; où il peut s'appliquer pour diminuer le diamètre des tuyauteries; où il n'est pas à recommander. Calcul des installations. Pompe centrifuge ou circulateur. Chauffage ou service d'eau chaude assurés par les mêmes chaudières. Chauffages d'ateliers. Centralisation de chauffage et installation de pompes sur des chauffages thermosiphon existants. E. 25713. CDU 697.3 : 621.577.

159-69. La pompe de chaleur ? oui ou non ? (Warmtepomp... ja of neen ?) *Verwarm. Ventil.*, Pays-Bas (sep. 1951), n° 9, p. 151-154, 5 fig. E. 17974. CDU 697.3 : 621.577.

160-69. Chauffage électrique des salles en Norvège (Electric room heating in Norway). BJERKESETH (E.); *Heat. Ventil.*, U. S. A. (juin 1953), vol. 50, n° 6, p. 82-83, 4 fig. E. 25689. CDU 697.27 : 697.124.

161-69. Chauffage au gaz pour l'habitation (Gas heating for the home). *Heat. Ventil.*, U. S. A. (juin 1953), vol. 50, n° 6, p. 86. E. 25689. CDU 697.124 : 662.764.

162-69. Diagrammes pour le calcul de la réfrigération (Charts for refrigeration design). MURPHY (L. J.); *Heat. Ventil.*, U. S. A. (juin 1953), vol. 50, n° 6, p. 87-88, 2 fig. E. 25689. CDU 621.5 : 518.5.

163-69. Fonctionnement d'une tour de refroidissement à tirage forcé (Performance of a forced-draft cooling tower). SPURLOCK (B.H.jr.); *Heat. Pip. Air Condition.*, U. S. A. (juin 1953), vol. 25, n° 6, p. 115-121, 20 fig., 7 réf. bibl. E. 25879. CDU 621.175.3.

Dic n Ventilation. Séchage.

164-69. Construction de systèmes de ventilation pour les opérations radioactives (Constructing ventilation systems for radioactive work). MCINTOSH (W. W.); *Heat Pip. Air Condition.*, U. S. A. (juin 1953), vol. 25, n° 6, p. 98-102, 5 fig. E. 25879. CDU 697.9.

165-69. Arrivée d'air à travers les panneaux de plafond (Air flow through ceiling pans). GIPSON (A. H.); *Heat. Ventil.*, U. S. A. (juin 1953), vol. 50, n° 6, p. 79-81, 6 fig. E. 25689. CDU 697.9 : 690.254.

166-69. L'écoulement de l'air et la ventilation. Principes du mouvement de l'air dans les conduits. VI. Le système considéré dans son ensemble (Flow and fan. Principles of moving air through ducts. VI. The system considered as a whole). HAROLD BERRY (C.); *Heat. Ventil.*, U. S. A. (juin 1953), vol. 50, n° 6, p. 91-96, 3 fig. E. 25689. CDU 697.9 : 532.5.

167-69. Études sur les écoulements d'air à la sortie d'un ajutage (Studies on air jets). MARTIN STEIN; *J. Instn. Heat. Ventil. Engrs.*, G.-B. (juin 1953), vol. 21, n° 214, p. 98-103, 2 fig., 2 réf. bibl. — Essais effectués avec un anémomètre à fil chaud. E. 25790. CDU 697.9 : 532.5.

168-69. L'évacuation naturelle de l'air des salles par les aspirateurs statiques (Die natürliche Raumventilation mittels Einzel- und Flächenentlüfter). CONRAD (O.); *V. D. I., All.* (11 juin 1953), vol. 95, n° 17-18, p. 497-502, 56 fig., 1 réf. bibl. E. 25718. CDU 697.9.

169-69. Fumée et suie (Rauch und Russ). *Tech. Schornsteinfegerhandwerk*, All. (avr. 1953), n° 4, p. 25-27; (mai 1953), n° 5, p. 33-34. — Règles de la combustion, ses facteurs : combustible, oxygène, température d'inflammation, formation de la suie, composition des fumées, importance de la granulométrie des combustibles, de l'épaisseur de la couche, de l'étalement des conduits, de leur refroidissement. Problème de la suie : en flocons, en poudre, dure, brillante, grasse, cause de leur formation, différence de leur comportement quant à leur inflammabilité et aux températures obtenues. E. 26084. Trad. I. T. 363, 10 p. CDU 697.8 : 662.6/7.

Dic ÉCLAIRAGE

170-69. Recommandations relatives à l'éclairage des bâtiments et de leurs annexes. *Assoc. fr. Eclairage; Instit. Nation. Sécur.*, Fr. (oct.-nov.-déc. 1952), n° 33, 45 p., 8 fig. — But des recommandations. Éclairement et luminance. Éclairages naturel et artificiel. Niveaux d'éclairement. Éclairages général et localisé. Graphiques de détermination des éclairagements. E. 25631. CDU 696.9 : 728.

171-69. Études anglaises, suédoises et allemandes d'éclairage naturel. DOURGNON (J.), HOPKINSON (R. G.), PLEIJEL (G.), ARNDT (W.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (sept. 1953), n° 69, (Equip. Tech. : XXXIX, p. 851-880, 48 fig. — Études anglaises sur les rapporteurs spéciaux pour calcul de l'éclairage naturel industriel, sur

l'éclairage des salles de classe, des hôpitaux et des habitations intertropicales. Études suédoises sur les climats et les solutions expérimentales sur maquettes. Études allemandes en vue de la révision de la norme d'éclairage naturel et études sur maquettes de l'éclairage naturel en site urbain. E. 25714. CDU 696.92.

172-69. Tubes fluorescents. Bases physiques, évolution, progrès récents. GIVELER (M. A.); *Mém. Soc. Ingrs civ. Fr.*, Fr. (sept.-oct. 1952), n° 9-10, p. 502-517, 12 fig., 4 réf. bibl. E. 25993. CDU 696.930.44.

173-69. Emploi de sources fluorescentes. CUSQUEL (M. A.); *Mém. Soc. Ingrs civ. Fr.*, Fr. (sept.-oct. 1952), n° 9-10, p. 518-532, 17 fig., 1 réf. bibl. E. 25993. CDU 696.930.44.

174-69. Fluorescence et éclairage. WETZEL (J.); *Mém. Soc. Ingrs civ. Fr.*, Fr. (sept.-oct. 1952), n° 9-10, p. 533-539, 4 fig., 1 réf. bibl. E. 25993. CDU 696.930.44.

175-69. Méthode « zonale » de calcul des coefficients d'utilisation et d'éclairement sur les surfaces de salles (The zonal method of computing coefficients of utilization and illumination on room surfaces). JONES (J. R.), NEIDHART (J. J.); *Illum. Engng.*, U. S. A. (mars 1953), vol. 48, n° 3, p. 141-168, 30 fig., 11 réf. bibl. E. 25952. CDU 696.93 : 518.3.

176-69. La technique de la lumière. Sources de lumière, éclairage et appareils (Lichttechnik. Lichtquellen, Leuchten und Zubehör). GUNTHER (M.); *V. D. I., All.* (1^{re} juil. 1953), vol. 95, n° 19, p. 663-667, 16 fig., 111 réf. bibl. E. 26038. CDU 696.93.

Dif PROTECTION CONTRE LES DÉSORDRES ET ACCIDENTS

Dif j Protection contre le bruit et les vibrations.

177-69. Méthode générale d'établissement du projet acoustique d'une salle. Application aux salles de cinéma. MOLES (A.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (nov. 1953), n° 71, (Archit.-Urbanisme : XI), p. 1003-1030, 34 fig., 21 réf. bibl. — Exposé d'une méthode simple applicable aux cas courants d'acoustique architecturale des petites et moyennes salles de concert ou de cinéma. E. 26680. CDU 534.84.

178-69. L'évaluation de l'intensité de la vibration et son application à l'étude des vibrations dans les bâtiments (The assessment of vibration intensity and its application to the study of building vibrations). STEFFENS (R. J.); *Nation. Build. Stud.* (B. R. S.) G.-B. (1952), Spec. Rep. n° 19, iv + 18 p., 10 fig., 16 réf. bibl. E. 25762. CDU 534.15 : 728.

Dif l Protection contre l'incendie.

179-69. La protection contre le feu dans la maison (Der Feuerschutz im Hause). LIPOWY (A.); *Tech. Schornsteinfegerhandwerk*, All. (juin 1953), n° 6, p. 41-43, 8 fig. — Rôle de l'entrepreneur de fumisterie. Connaissance des lois et des règlements. Nécessité d'une bonne disposition des foyers. Étude de la combustion : lois théoriques et observations expérimentales. Danger des poêles amovibles installés par les particuliers. Fautes lourdes d'installations : distance trop faible entre les conduits de fumée et les matières combustibles. E. 26083. Trad. I. T. 362, 7 p. CDU 699.81 : 697.8.

Dif m Protection contre les séismes, inondations.

180-69. Contraintes dues aux tremblements de terre dans des bâtiments considérés comme des consoles soumises au cisaillement (Earth-

quake stresses in shear buildings). SALVADORI (M. G.); *Proc. A. S. C. E. (Engng Mech. Div.)*, U. S. A. (mars 1953), vol. 79, Separ. n° 177, 23 p., 10 fig., 13 réf. bibl. E. 25829. CDU 699.841 : 690.592.

Dif mu Protection contre les intempéries

181-69. La tornade de Worcester (Massachusetts, U. S. A.) a causé de graves dommages à toutes les constructions sauf aux portiques rigides (Worcester tornado deals heavy damage to all but rigid frame construction). MERRITT (F. S.); *Engng News-Rec.*, U. S. A. (18 juin 1953), vol. 150, n° 25, p. 21-23, 8 fig. — Les ruines donnent des indications sur les méthodes susceptibles d'atténuer les pertes que pourraient causer des catastrophes futures. Points faibles à renforcer. E. 25923. CDU 699.83 : 533.6.

Dig 1 CANALISATIONS

182-69. Écoulements de mixtures en conduites verticales. Influence de la densité des matériaux sur les caractéristiques de refoulement en conduite horizontale. DURAND (R.); *Houille blanche*, Fr. (mars-avr. 1953), numéro spécial « A », p. 124-130, 8 fig., 5 réf. bibl. E. 25621. CDU 621.643 : 532.5.

183-69. Conduites en béton (Buisleidungen). BROUWER (B.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (déc. 1951), n° 11-12, p. 215-217, 8 fig. (résumés anglais, français, allemand). E. 18484. CDU 621.643 : 693.5.

184-69. Transports pétroliers. Le pipe-line Le Havre-Paris. Protection cathodique de l'ouvrage. DELAUNAY (P. M.); *Corrosion, Anti-Corrosion*, Fr. (mai-juin 1953), vol. 1, n° 2, p. 49-55, 9 fig. E. 25886. CDU 621.643 : 662.75.

185-69. Tuyaux en matière plastique pour services d'eau (Plastic pipe for water services). SPAULDING (J. N.); *J. Amer. Wat. Works Ass.*, U. S. A. (mai 1953), vol. 45, n° 5, p. 476-482, 6 fig. E. 25884. CDU 621.643 : 678.7.

186-69. Coup de bélier et applications aux problèmes de pompage (Water hammer with applications to pumping problems). BURNELL (J. G.), ROBERTSON (R. J.); *Instn. Engrs Austral* (Proc. Engng Conference). Austr. (1953), p. 12-20, 18 fig., 8 réf. bibl. — Causes et caractéristiques du coup de bélier dans les conduites; équations fondamentales pour la détermination de la valeur maximum des ondes de pression et de leur vitesse de propagation. Méthode graphique pour la résolution des problèmes. Solutions de quelques problèmes simples de pompage. Exemples pratiques. E. 25265. CDU 628.12 : 532.

187-69. Les difficultés des poseurs de tuyauteries de gaz dans la région du Pacifique (Pacific pipeliners' plight). GREEN (R. J.); *Excav. Engr.*, U. S. A. (juin 1953), vol. 47, n° 6, p. 42-47, 9 fig. E. 26182. CDU 621.643 : 662.764.

188-69. Utilisation du principe du relèvement de la limite élastique des aciers par écrouissage et vieillissement artificiel à la construction des conduites forcées et économie en résultant. FERRAND (G.); *Houille blanche*, Fr. (mai 1953), n° 2, p. 234-253, 17 fig. — Principe et réalisation du surpression des tuyaux. Intérêt économique et pratique. Normalisation des tensions internes. Application du surpression aux tuyaux auto-frettés. Répercussions mécaniques du surpression : fragilité, capacité du travail de rupture; écrouissage et vieillissement. Accident de la conduite d'Izourt. En annexes : Influence de la réduction d'épaisseur d'une conduite par augmentation de la contrainte sur la valeur des coups de bélier accidentels; meilleure résistance des conduites surpressées aux dépressions. E. 25900. CDU 628.15 : 627.84 : 691.7.

Dig m RÉSERVOIRS SILOS

189-69. Influence de la forme de la directrice sur le régime statique des réservoirs à axe horizontal (Influenza della forma della direttrice sul regime statico dei serbatoi ad asse orizzontale). LEVI (Fr.); *Costr. metall.*, (mai-juin 1953), n° 3, p. 3-7, 5 fig., 3 réf. bibl. E. 26185. CDU 621.642 : 518.5.

190-69. Avantages des réservoirs en acier comme réservoirs de distribution (Advantages of steel tanks as distribution reservoirs). KENYON WELLS (C.); *J. Amer. Wat. Works Ass.*, U. S. A. (juin 1953), vol. 45, n° 6, p. 569-579, 3 fig., 2 réf. bibl. E. 26179. CDU 628.13 : 693.97.

Dod MATÉRIEL ET OUTILLAGE

191-69. Matériel destiné à la construction, au bâtiment, aux terrassements (Construction machinery and allied equipment). C. I. M. A. (Constr. Industr. Manufact. Assoc.), U. S. A., 45 p., nombr. fig. — Matériel militaire. Emploi d'un bulldozer pour tirer un bateau hors du rase. Tracteurs militaires. Remorques pour poids très lourds. Manutention et transport de canons. Matériel militaire de construction de routes. Exemples d'emploi en Corée. Creusement de tranchées. Mise en place de grosses tuyauteries métalliques. Construction de hangars. Appareils mobiles de soudage, d'air comprimé, de bétonnage, de compactage du sol, d'asphalte. Matériel de forage, d'extraction de g. avier, d'exploitation de carrière, d'exploitations forestières, minières, pétrolifères, agricoles. E. 25789. CDU 621.

192-69. Les machines pour le bâtiment et la construction (Baumaschinen). CARBOTZ (G.); *V. D. I., All.* (1^{er} juil. 1953), vol. 95, n° 19, p. 563-571, 21 fig., 28 réf. bibl. — (Compte rendu de la Foire de Hanovre). Appareils pour terrassements. Dragues. Machines pour la cons-

truction des routes. Bétonnage. Préparation des matériaux. Matériel de transport. Divers. E. 26038. CDU 621.1/8.

193-69. Guide des frais de fonctionnement (pour pelles à vapeur, blondins, grues, bennes preneuses) (Operating cost guide). *Power Crane Shovel Assoc.*, U. S. A. Tech. bull. n° 2, 23 p., nombr. fig. E. 25956. CDU 621.879 : 621.874 : 690.031.

194-69. Grues à moteur. Pelles mécaniques. Blondins. Accessoires. Traction. Fonctionnement (Power cranes. Shovels. Draglines. Attachements. Traction. Operation). *Power Crane, Shovel Assoc.*, U. S. A. (1953), Tech. bull. n° 4, 60 p., 131 fig. E. 25958. 621.879 : 621.874.

195-69. Machines et appareils pour la rationalisation de la construction des habitations (Maschinen und Geräte für die Rationalisierung des Wohnungsbaues). BÖRKOW (L.); *V. D. I., All.* (21 mai 1952), vol. 94, n° 14-15, p. 449-453, 12 fig., 8 réf. bibl. E. 25116. CDU 621.7/8 : 728.

196-69. Pelles mécaniques sur tracteurs. II. Modes d'exploitations corrects (Tractor shovels. Part II. Correct operating procedures). EVANS (R. D.); *Constr. Methods*, U. S. A. (juin 1953), vol. 35, n° 6, p. 109, 111, 114, 116, 118, 120-121, 7 fig. E. 25954. CDU 621.879 : 624.13.

197-69. Choix des dimensions appropriées d'excavateurs et de matériel de transport (Proper sizing of excavators and hauling equipment). *Power Crane, Shovel Assoc.*, U. S. A., Tech. Bull. n° 3, 24 p., 42 fig., Bibl. E. 25957. CDU 621.879 : 624.13.

198-69. Projet d'une installation pour la fabrication du sable par broyage de roches (Planning the plant for production of stone-sand). EASLEY (W. R.), CHEAVENS (J. H.); *West. Constr.*, U. S. A. (août 1953), vol. 28, n° 8, p. 60-64, 122, 8 fig. E. 26522. CDU 691.22 : 622.73.

199-69. La construction d'une base navale exige beaucoup de levages (Precast construction of a whole marine base means a whale of a lot of lifting). *West. Constr.*, U. S. A. (mai 1953), vol. 28, n° 5, p. 83-84, 86, 8 fig. E. 25874. CDU 621.874 : 627.3.

200-69. Place occupée par les grues dans les travaux de terrassement (The place of cranes in muckshifting). *Muck Shifter*, G.-B. (juil. 1953), vol. 2, n° 7, p. 295-306, 7 fig. — Moteurs électriques pour grues. Choix du type de grue d'après les conditions du chantier. Grues pour la construction des appontements. Transport de dalles de béton par grues flottantes. Mise en place de poutres horizontales. Portique roulant. Blocs de 50 t. Emploi des grues mobiles. Châssis de la grue. Vitesses de levage. Importance du mécanisme de treuil. Sécurité avant tout. E. 26039. CDU 621.874 : 621.313.

201-69. Flexion des câbles métalliques dans les blondins (Bending of wire ropes in flying foxes). ROBERTSON (S. C.), DUNSTAN (R. A.); *J. Instn Engrs Austral.*, Austral. (mars 1953), vol. 25, n° 3, p. 45-51, 6 fig. E. 25732. CDU 621.854 : 691.71.

F. — LES OUVRAGES

Fab ÉCHAFAUDAGES ÉTAIEMENTS. BOISAGES

202-69. L'emploi des tubes d'acier comme éléments de construction dans le bâtiment (The structural use of steel tubes in buildings). *Brit. Stand. Code Practice*, G. - B. (1953),

n° CP 113.201, 27 p., 10 fig. E. 25911. CDU 693.97 : 621.462.

203-69. Les échafaudages métalliques tubulaires. Possibilités d'utilisation dans la mise en place des ponts militaires. MARGUERITTE; *Rev. Génie milit.*, Fr. (mars-avr. 1953), t. 86, p. 109-121, 22 fig. (Extrait du *J. Marche*, 51^e Compagnie Sapeurs routiers). E. 26225. CDU 690.576 : 693.97.

Fac ÉLÉMENTS PORTEURS

Fac j Ossatures. Piliers. Colonnes.

204-69. Poteaux en béton armé (Stahlbeton-Maste). *Dtsch. Norm.*, All. (jan. 1953). Norme allemande DIN 4234, 3 p., 1 fig. — Prescriptions pour le calcul et la fabrication. Il s'agit

des poteaux pour lignes de transport d'énergie et de télécommunications à l'air libre. E. 25738.
CDU 690.237.52 : 693.55 : 389.6.

205-69. Poteaux avec des discontinuités dans le moment d'inertie et la charge axiale (Pelare med diskontinuitet i tröghetsmoment och axialbelastning). MONSTED (J. M.); *Betong*, Suède (1953), n° 2, p. 119-125, 4 fig., (résumé anglais). E. 26180.
CDU 690.237.52 : 518.5.

206-69. Plaques en béton léger (non armé) pour la construction des murs (Wandbauplatten aus Leichtbeton (unbewehrt)). *Betonst.-Ztg*, All. (juin 1953), n° 6, p. 231-232, 2 fig. (résumés anglais, français). — Projet de norme allemande DIN 18162. E. 25931.
CDU 690.22 : 693.5.

207-69. Considérations fondamentales dans l'étude des murs extérieurs pour les bâtiments (Fundamental considerations in the design of exterior walls for buildings). HUTCHESON (N. B.); *Engng J.*, Canada (juin 1953), vol. 36, n° 6, p. 687-698, 706, 9 fig., 22 réf. bibl. — Isolation. Réglage de la circulation de l'air, de la chaleur, de la vapeur et de l'eau. Résistance à l'incendie. Durée. Frais d'entretien. E. 26199.
CDU 690.22 :

208-69. Le collecteur de fumées de faible section en maçonnerie (Der gemauerte enge Rauchfang). PECHT (A.); *Esterr. Bauztg*, Autr. (4 juil. 1953), n° 27, p. 3-4. E. 26062.
CDU 697.81 : 693.1.

Fac I Poutres. Dalles. Planchers.

209-69. Complément à l'étude des poutres échelles. II. GRIVEAUD (J.); *Ann. Ponts Chauss.*, Fr. (mai-juin 1953), n° 3, p. 245-280, 14 fig. E. 26096. — CDU 690.237.22 : 518.5.

210-69. La poutre la plus économique. MOUGENOT (E.); *Travaux*, Fr. (juil. 1953), n° 225, p. 339-347, 22 fig. — Abaques des sections économiques des poutres soumises à la flexion simple et à la flexion composée. E. 25876.
CDU 690.237.22 : 518.5.

211-69. Discussion sur la torsion des poutres à âme pleine (Discussion of torsion of plate girders). JENTOFF (A. P.), MAYO (R. W.), JOHNSTON (E. R.), CHANG (F. K.), JOHNSTON (B. G.); *Proc. A. S. C. E. (Struct. Div.)*, U. S. A. (jan. 1953), vol. 79, Separ. n° D-125, 15 p., 16 fig., 2 réf. bibl. (Article de F. K. Chang et B. G. Johnston publié en avril 1952 et dans notre D. T. 14-57.) E. 25810.
CDU 690.237.22 : 539.3.

212-69. Discussion sur les contraintes dans les poutres hautes (Discussion of stresses in deep beams). GUZMAN (A. M.), LUISONI (C. J.), CONWELL (W. A.), CONWAY (H. D.), WINTER (G.); *Proc. A. S. C. E. (Struct. Div.)*, U. S. A. (fév. 1953) vol. 79, n° D-127, 6 p., 15 réf. bibl. (Article de Li Chow, H. D. Conway, G. Winter, publié en mai 1952 et dans notre D. T. 17-58.) E. 25820.
CDU 690.237.22 : 690.43.

213-69. Discussion sur les poutres en caissons fléchies horizontalement (Discussion of horizontally curved box beams). MALLIS (A. G.), DEFOREST A. MATTESON (Jr.), CUTTS (Ch. E.); *Proc. A. S. C. E. (Struct. Div.)*, U. S. A. (mars 1953), vol. 79, Separ. n° D-128, 10 p., 3 fig., 5 réf. bibl. (Article de Ch. E. CUTTS publié en mai 1952 et dans notre D. T. 18-58.) E. 25825.
CDU 690.237.22 : 539.3.

214-69. Graphiques de rigidité pour éléments terminés par des goussets soumis à une charge centrée (Stiffness charts for gusseted members under axial load). GOLDBERG (J. E.); *Proc. A. S. C. E. (Engng Mechan. Div.)*, U. S. A. (mars 1953), vol. 79, Separ. n° 179, 15 p., 14 fig., 21 réf. bibl. E. 25831.
CDU 693.9 : 518.3.

215-69. Discussion de la torsion des poutres en I et en H (Discussion of torsion of I-type

and H-type beams). GERSTLE (K. H.), GOLDBERG (J. E.); *Proc. A. S. C. E. (Struct. Div.)*, U. S. A. (mai 1953), vol. 79, Separ. n° D-145, 3 p., 1 réf. bibl. (Article de J. E. GOLDBERG publié en août 1952 et dans notre D. T. 227-60.) E. 25849.
CDU 690.237.22 : 539.3.

216-69. Calcul des poutres en béton armé de grande courbure initiale (The design of reinforced concrete beams of large initial curvature). WRIGHT (W.); *Magaz. Concr. Res.*, G.-B. (avr. 1953), n° 12, p. 117-120, 4 fig., 1 réf. bibl. E. 26058.
CDU 693.55 : 518.5.

217-69. Essais sur des poutres en béton, armées par des fils métalliques de jauge 12, d'une résistance à la rupture de 184 t/cm² (Tests on concrete beams reinforced with 12 gauge wires of an ultimate strength of 120 tons per sq. in). *Magaz. Concr. Res.*, G.-B. (avr. 1953), n° 12, p. 127-142, 9 fig., 11 réf. bibl. — (Discussion de l'article de K. HAJNAL-KONYI, publié en mars 1952 et dans notre D. T. 125-57.) E. 26058.
CDU 693.55 : 620.1.

218-69. Poutre continue et appuis élastiques. Méthode des déplacements graduels. I. TOURIGNY (P.); *Rev. trimestr. canad.*, Canad. (1953), n° 153, p. 13-24, 8 fig. E. 26223.
CDU 690.237.22 : 518.5.

219-69. Poutres simplement appuyées ou encastées? I. II. (fin) (Vigas apoyadas o empotradas?) LAHUERTA (J.); *Cemento Hormigon*, Esp. (juin 1953), vol. 19, n° 231, p. 198-201, 1 réf. bibl.; (juil. 1953), n° 232, p. 236-239, 3 fig., 3 réf. bibl. E. 25852, 26269.
CDU 624.078 : 690.237.22.

220-69. Calcul des poutres voiles (Design of deep girders). *Indian Concr. J.*, Inde (15 mai 1953), vol. 27, n° 5, p. 211-218, 12 fig., 3 réf. bibl. (Tiré de « Portland Cement Ass. », U. S. A.) E. 25721.
CDU 690.237.22 : 518.5.

221-69. Les équations du portique continu (The equations of the continuous frame). COLEMAN (Th. C.); *J. Boston Soc. Civ. Engrs*, U. S. A. (avr. 1953), vol. 40, n° 2, p. 133-151, 9 fig. E. 25853.
CDU 693.9 : 518.5.

222-69. Discussion des portiques continus soumis à des vibrations forcées en régime permanent (Discussion of steady-state forced vibration of continuous frames). MASUR (E. F.), VELETOS (A. S.), CONWELL (W. A.), LOONEY (C. T.); *Proc. A. S. C. E. (Struct. Div.)*, U. S. A. (avr. 1953), vol. 79, Separ. n° D-136, 14 p., 4 fig., 12 réf. bibl. (Article de C. T. LOONEY, publié en juin 1952 et dans notre D. T. 9-59.) E. 25838.
CDU 693.9 : 534.

223-69. Calcul par itération de portiques à étages à nœuds déplaçables transversalement (Iterationsweise Berechnung von längsverschieblichen Stockwerkrahmen). EISENMANN (J.) *Bauingenieur*, All. (juin 1953), n° 6, p. 198-199, 6 fig. E. 25423.
CDU 693.9 : 518.5.

224-69. Les interférences de moments dans les portiques à étages (Momentenüberlagerungen bei Stockwerkrahmen). GEISLER (A.); *Beton Stahlbetonbau*, All. (juin 1953), n° 6, p. 136-140, 16 fig., 3 réf. bibl. E. 25677.
CDU 693.9 : 518.5.

225-69. Notes sur les cadres réticulés plans qui ne suivent pas la loi de Hooke (Some notes on plane frames not obeying Hooke's law). KING (J. W. H.); *Engineer*, G.-B. (3 juil. 1953), vol. 196, n° 5084, p. 4-6, 5 fig. E. 26024.
CDU 693.9 : 518.5.

226-69. Résistance au feu des planchers en planches et solives pour petites maisons et appartements (Fire resistance of board and joist floors for small houses and flats). B. R. S. Dig., G.-B. (mai 1953), n° 54, 4 p., 2 fig. E. 25996.
CDU 699.81 : 690.25.

227-69. Le développement des corniches en pierres (Die Entwicklung eines Simssternes). KIEHLMANN (H.); *Betonst.-Ztg*, All. (juin 1953), n° 6, p. 229-230, 6 fig. (résumés anglais, français). E. 25931.
CDU 729.31 : 691.2.

Fac m Toitures. Voûtes. Dômes. Coupôles. Arcs. Escaliers.

228-69. Escalier spiral en béton (Concrete spiral staircase). *Architect*, G.-B. (2 juil. 1953), vol. 204, n° 1, 2 p. h. t. — Plan et élévation d'un escalier spiral avec noyau intérieur. École secondaire de Lucton, à Loughton, Essex, G.-B. (Tiré de « Builder ».) E. 26015.
CDU 690.26 : 693.55.

229-69. Détermination des toitures par la méthode dite « des points de passage ». II. LEROUX (R.); *Menuisier Fr.*, Fr. (juil. 1953), n° 67, p. 5-7, 8 fig. E. 26044.
CDU 690.24 : 518.5.

230-69. Calcul et construction de portiques simples pour toitures. III. (fin) (The design and construction of simple space frames for roofs). MCGLOUGHLIN (S.); *Civ. Engng*, G.-B. (juin 1953), vol. 48, n° 564, p. 552-554, 3 fig. E. 25729.
CDU 693.9 : 690.24.

231-69. Calcul des croupes de toiture en plaques en fonction des déformations des joints (Hipped plate analysis, considering joint displacements). GAFFAR (I.); *Proc. A. S. C. E. (Struct. Div.)*, U. S. A. (avr. 1953), vol. 79, Separ. n° 182, 28 p., 38 fig., 10 réf. bibl. E. 25840.
CDU 690.24 : 518.5.

232-69. Reconstruction du toit de l'Auditorium du Théâtre Royal de Drury Lane (Londres) (The Theatre Royal, Drury Lane reconstruction of Auditorium roof). EMBERTON (J.); *J. R. I. B. A.*, G.-B. (juin 1953), vol. 60, n° 8, p. 332-333, 5 fig. E. 25986.
CDU 690.24 : 725 : 822.91.

233-69. 370 000 m² de panneaux à nervures en dalles minces pour charpente de toiture (Four million square feet of thin-shell rib panels for roof framing). ZOLLMAN (Ch. C.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (mai 1953), vol. 24, n° 9, p. 809-823, 14 fig., 1 réf. bibl. E. 26011.
CDU 690.24 : 693.55.

234-69. Problèmes statiques de forme des voûtes et des coupôles minces (Statische Formprobleme der Gewölbe und Schalenkuppeln). BIENERT (G.); *Bauplan. Bautech.*, All. (juin 1953), n° 6, p. 251-255, 6 fig., 4 réf. bibl. E. 26008.
CDU 690.236 : 690.244 : 693.55.

235-69. Un toit en voûtes juxtaposées, en béton, assure des conditions de travail propres et fraîches aux filatures de Bradford (Nouvelle-Zélande) (Concrete barrel-vault roof provides clean, cool working conditions at Bradford Cotton Mills). *Constr. Rev.*, Austral. (avr. 1953), vol. 25, n° 12, p. 16-17, 4 fig. E. 25888.
CDU 690.244 : 693.55.

236-69. Voûtes minces à profil ondulé (Schaaldaken met gegolfd profiel). GRAVESEN (J. O.); *Bouw*, Pays-Bas (7 fév. 1953), n° 6, p. 90-92, 5 fig. E. 24048.
CDU 729.33 : 621.4.

237-69. Dôme construit sur un montage tournant (Dome built on rotating jig). *Engng New-Rec.*, U. S. A. (28 mai 1953), vol. 150, n° 22, p. 31-32, 8 fig. — Le dôme qui couvre la cour intérieure de la Rotonde Ford à Dearborn, Mich., U. S. A. se compose de 21 000 éléments légers en aluminium. Pour le montage on établit un échafaudage en cornières au centre et sur cet échafaudage une plateforme. Le dôme fut construit par anneaux successifs et quand un anneau était terminé, on levait aux vérins toute la partie déjà établie pour faire place pour l'anneau immédiatement inférieur que l'on assemblait aux autres. E. 25890.
CDU 690.244 : 690.576.

238-69. Construction d'une « toile d'araignée » en aluminium (Spinning an aluminium spiderweb). RICHARDSON (H. W.); *Constr. Methods*, U. S. A. (juin 1953), vol. 35, n° 6, p. 60-64, 13 fig. — Ossature en aluminium pour le dôme de la Rotonde Ford à Dearborn (Michigan, U. S. A.). E. 25954.
CDU 690.236 : 693.97 : 691.77.

Fad ÉLÉMENTS NON PORTEURS

Fad j Cloisons. Plafonds.

239-69. Panneaux à nervures en dalles minces, fabriqués sur le chantier dans des moules en matière plastique (Thin-shell rib panels site fabricated in plastic molds). MONTGOMERY (M. R.), ATKINSON (T. G.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (mai 1953), vol. 24, n° 9, p. 781-794, 11 fig., 2 réf. bibl. E. 26011.

CDU 691.41 : 693.55.

240-69. Fabrication en usine et installation sur le chantier de panneaux préfabriqués à nervures minces (Factory production and field installation of thin ribbed precast panels). WAILES (C. D. Jr.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (mai 1953), vol. 24, n° 9, p. 797-808, 12 fig. E. 26011.

CDU 691.41 : 693.55.

241-69. Nouvelles études des caractéristiques thermiques des panneaux de plâtre (Further studies of the thermal characteristics of plaster panels). SCHUTRUM (L. F.), HUMPHREYS (C. M.); *Heat. Pip. Air Condition.*, U. S. A. (juin 1953), vol. 25, n° 6, p. 122-126, 9 fig., 4 réf. bibl. E. 25879.

CDU 691.41 : 691.55.

Fad l Menuiseries.

242-69. Infiltration d'air par les fentes autour des fenêtres (Air infiltration through gaps around windows). THOMAS (D. A.), DICK (J. B.); *J. Instn Heat. Ventil. Engrs.*, G.-B. (juin 1953), vol. 21, n° 214, p. 85-97, 8 fig., 6 réf. bibl. E. 25790.

CDU 690.282 : 699.82.

Feb HABITATIONS

243-69. Maisons et appartements construits en panneaux préfabriqués de la hauteur d'un étage (Houses and flats with walls of story-height precast panels). *Concr. Build. Concr. Prod.*, G.-B. (juil. 1953), vol. 28, n° 7, p. 155-159, 10 fig. E. 26041.

CDU 728 : 693.057.1.

Feb l Habitations individuelles.

244-69. Quelques réalisations de logements-types économiques et familiaux. Logement U. 53, construit par le C. I. L. de Roubaix-Tourcoing. *Bâtiment Trav. Publ.*, Fr. (25 juin 1953), n° 12, p. 14-18, 3 fig. E. 25901.

CDU 728.3.

245-69. La préfabrication de la maison et les bois. STEIDLE (M. H.); *Rev. Bois*, Fr. (juil.-août 1953), vol. 8, n° 7-8, p. 39-40 (Congrès de la « Forest Prod. Res. Soc. », juin 1952), E. 26201.

CDU 728.3 : 694.1.

246-69. Normes visant la réduction du prix de revient des habitations des indigènes (Some reduced cost norms for native housing). GLEN (A. L.); *Nation. Build. Res. Inst.*, Afr. S. (déc. 1952), Bull. n° 9, p. 74-85, 2 fig., 7 fig. h. t., 3 réf. bibl. E. 26046.

CDU 728.3 : 690.37.

247-69. Règles à observer dans la construction des habitations indigènes à un seul étage (The structural requirements of single-story native houses). NATHAN (N. D.); *Nation. Build. Res. Inst.*, Afr. S. (déc. 1952), Bull. n° 9, p. 86-108, 20 fig., 4 réf. bibl. E. 26046.

CDU 728.3 : 690.37.

248-69. Fabrications britanniques du bâtiment pour le monde entier (Bristish building products for the world). ECCLES (D.); *Architect*, G.-B. (25 juin 1953), vol. 203, n° 26, p. 745-753; 31 fig. — Divers types de maisons préfabriquées anglaises pour l'exportation. E. 25922.

CDU 728.3 : 693.057.1.

249-69. Constructions de chalets des Grisons (Bündner Chaletbauten). *Hoch-Tiefbau*, Suisse (20 juin 1953), n° 25, en allemand : p. 199-200; en français : p. 200-201; 8 fig. E. 25734.

CDU 728.3.

Feb mo IMMEUBLES DE RAPPORT

250-69. Chantier expérimental de Strasbourg. BEAUDOUIN (E.); *Modernisation*, Fr. (avr.-mai-juin 1953), n° 13, p. 57-61, 4 fig. — Revue d'ensemble sur un chantier de huit cents logements. Projet. Construction. Équipement. Marche des travaux. E. 25722.

CDU 728.2.

251-69. Immeuble à ossature métallique soudée à Alger. PEISSI (P.); *Bâtir*, Fr. (juin 1953), n° 31, p. 25-28, 10 fig. — Immeuble de 75 m de hauteur. Poteaux en IPN jumelés. Poutres et solives en IPN. Dalles de plancher en béton armé. E. 25573.

CDU 728.2 : 693.97.

252-69. Tour creuse et sans cour : la maison « Zéro ». VACHER (G.); *Bâtir*, Fr. (juin 1953), n° 31, p. 37-41, 11 fig. — Bâtiment à onze étages sans cour intérieure. Ossature en béton armé. Planchers en nervures précoûlées, avec corps creux en ciment et dalle coulée en œuvre. Escaliers en encorbellement. Distribution et équipement. Exécution et prix. E. 25573.

CDU 728.2.

253-69. Groupe d'immeubles H. L. M. au quai des Belges (Strasbourg). STOSKOPF (G.), OEHLEH (W.), HAAS (J.); *Modernisation*, Fr. (avr.-mai-juin 1953), n° 13, p. 64-67, 3 fig. E. 25722.

CDU 728.2.

Fec BATIMENTS CULTURELS

254-69. Le centre sanitaire de Sighthill (Edimbourg) (Health centre Sighthill, Edinburgh). *Architect*, G.-B. (23 juil. 1953), vol. 204, n° 4, p. 106-107, 2 fig. E. 26230.

CDU 725.5.

255-69. Le sanatorium « De Mick » à Brassa-chaet, près d'Anvers. DUBOURC (L.); *Tech. Trav.*, Fr. (juil.-août 1953), n° 7-8, p. 194-203, 23 fig. E. 26091.

CDU 725.515.

256-69. La reconstruction de l'église Saint-Paul, à Francfort-sur-le-Mein (Allemagne). *Géogr. civ.*, Fr. (15 juin 1953), t. 130, n° 12, p. 233-234, 3 fig., 1 réf. bibl. E. 25735.

CDU 726.595 : 690.593.

257-69. La coupole de l'église Lueger à Vienne. HUGENECK (F.); *Ossature métall.*, Belg. (juil.-août 1953), n° 7-8, p. 375-377, 6 fig. E. 26094.

CDU 726.5 : 690.244 : 693.97.

258-69. Charpente métallique du Palais des Expositions de Charleroi. *Ossature métall.*, Belg. (juil.-août 1953), n° 7-8, p. 382-386, 9 fig. E. 26094.

CDU 727.6 : 693.97.

259-69. Le pavillon « Sidercomit » à la Foire de Milan (Il padiglione « Sidercomit » alla XXI Fiera di Milano). *Costr. metall.*, Ital. (mai-juin 1953), n° 3, p. 14-17, 6 fig. — Exemple des possibilités de la construction métallique. E. 26185.

CDU 727.6 : 693.97.

260-69. Le stade olympique de Rome (Lo stadio olimpionico di Roma). GUIDI (F.); *Ingegneria*, Ital. (juin 1953), n° 6, p. 644-658, 21 fig. E. 25909.

CDU 725.826.4.

Fed OUVRAGES D'UTILITÉ PUBLIQUE

Fed la Alimentation en eau.

261-69. L'eau à la campagne. II. CHABOT (J.); *Tech. Inform. Chauff. Plomberie*, Fr. (fév. 1953), nouv. sér. n° 5, p. 16-17, 21, 3 fig. E. 25713.

CDU 628.1 : 63.

262-69. L'alimentation en eau de Philadelphie et l'usine d'ozone de la station filtrante de Belmont. I. COUTRIS; *Tech. sanit. mu. ic.*, Fr. (avr. 1953), n° 4, p. 65-77, 11 fig.; II (fin) : (mai 1953), n° 5, p. 85-101, 16 fig. E. 26099, 26147.

CDU 628.16.

263-69. Étude technique des alimentations en eau (Water supply engineering). *Proc. A. S. C. E. (Sanit. Engng Div.)*, U. S. A. (jan. 1953), vol. 79, Separ. n° 164, 33 p., 121 réf. bibl. E. 25807.

CDU 628.1.

Fed m Hygiène publique.

264-69. L'assainissement. Égouts et stations d'épuration. RENAUD (A.); Éd.: Eyrolles, Paris (1953), 1 vol. 243 p., 115 fig., 19 fig. h. t., 1 pl. h. t. — Voir analyse détaillée B-906 au chap. III « Bibliographie ». E. 25859.

CDU 628.2/4 (02).

265-69. Progrès réalisés dans le traitement des eaux d'égouts et état actuel de la technique (Advances in sewage treatment and present status of the art). *Proc. A. S. C. E. (Sanit. Engng Div.)*, U. S. A. (mars 1953), vol. 79, Separ. n° 176, 46 p., 2 fig., 171 réf. bibl. E. 25830.

CDU 628.3.

266-69. Étude du fonctionnement de six petits réservoirs septiques (An investigation of the performance of six small septic tanks). BAUMANN (E. R.), BABBITT (H. E.); *Univ. Illinois Bull.*, U. S. A. (fév. 1953), vol. 50, n° 47 (Univ. Illinois Engng Exper., Stat. : Bull. Ser. n° 409), 75 p., 30 fig., 38 réf. bibl. E. 25866.

CDU 628.35.

267-69. Évacuation des eaux d'égouts dans les estuaires soumis aux marées (Sewage disposal in tidal estuaries). DIACHISHIN (A. N.), HESS (S. G.), INGRAM (W. T.); *Proc. A. S. C. E. (Sanit. Engng Div.)*, U. S. A. (jan. 1953), vol. 79, Separ. n° 167, 14 p., 6 fig., 6 réf. bibl. E. 25814.

CDU 628.3 : 627.1.

268-69. Le programme d'évacuation des eaux d'égout pour nettoyer la baie de San Francisco (Sewage disposal project cleans up San Francisco Bay). KENNEDY (R. C.); *Civ. Engng*, U. S. A. (juin 1953), vol. 23, n° 6, p. 46-49, 11 fig. E. 25797.

CDU 628.36.

269-69. Égouts d'évacuation prolongés sous la mer, phase finale au programme de Copenhague (Outfall sewers extended below the sea the latest stage in Copenhagen's programme). *Muck Shifter*, G.-B. (juil. 1953), vol. 2, n° 7, p. 326-327, 2 fig., 1 réf. bibl. E. 26039.

CDU 628.3.

Fed n Génie rural. Irrigations.

270-69. Machine pour la pose de revêtements en béton sur les parois des canaux d'irrigation. *Génie Civ.*, Fr. (15 juin 1953), t. 130, n° 12, p. 235, 3 fig., 2 réf. bibl. E. 25735.

CDU 631.6 : 621.643 : 693.6.

Fib OUVRAGES INDUSTRIELS ET COMMERCIAUX

Fib je Industrie.

271-69. Un atelier en ciment armé (Reinforced-concrete workshop). *Engineering*, G.-B. (17 juil. 1953), vol. 176, n° 4564, p. 93, 2 fig. E. 26210.

CDU 725.4 : 693.55.

272-69. Description d'un bâtiment moderne de fabrique de biscuits à Deventer (Hollande) (Moderne fabrieksbouw te Deventer). POSTMA (J. D.); *Ingenieur*, Pays-Bas (17 avr. 1953), n° 16, p. 73-B, 76, 3 fig., 1 réf. bibl. (résumé anglais). — Une des principales difficultés était la nature du sol, meuble et humide. L'usine a été construite sur pieux Franki.

L'ossature est en béton armé. Les sheds ont été faits en béton vibré. E. 24964. CDU 725.4.

273-69. Le nouveau hall du martelage de la S. A. John Cockerill. ANDRIEN (J. L.); *Ossature métall.*, Belg. (juil.-août 1953), n° 7-8, p. 401-403, 6 fig. E. 26094. CDU 725.4 : 693.97.

274-69. L'usine de la Compagnie des Lampes Mazda à Versailles-Porchfontaine. BOUCHET (A.); *Tech. Trav.*, Fr. (juil.-août 1953), n° 7-8, p. 204-214, 22 fig. E. 26091. CDU 725.4.

Fib ji Agriculture. Élevage.

275-69. Éléments en béton employés en agriculture (Betonwaren in der Landwirtschaft). KIEPER (W.); *Betonst.-Ztg.*, All. (juin 1953), n° 6, p. 226-229, 4 fig., 20 réf. bibl. (résumés anglais, français). E. 25931. CDU 63 : 690.2.

Fib l Dépôts de marchandises. Marchés.

276-69. Redressement d'un hangar industriel déversé par suite d'un défaut des fondations (Riassetto di un capannone industriale strapiombato per difetto di fondazione). *Corr. Costr.*, Ital. (18 juin 1953), n° 25, p. 6, 2 fig. E. 25777. CDU 725.4 : 624.15 : 690.592.

Fib m Commerce Finances.

277-69. Les nouveaux bâtiments de la Banque Nationale de Belgique à Bruxelles. NOVGORODSKY (L.); *Tech. Trav.*, Fr. (juil.-août 1953), n° 7-8, p. 215-236, 22 fig., 1 réf. bibl. E. 26091. CDU 725.24.

Fib n Production d'énergie. Barrages.

278-69. Étude des murs latéraux dans les canaux et les déversoirs (Design of side walls in chutes and spillways). GUMENSKY (D. B.); *Proc. A. S. C. E. (Hydraul. Div.)*, U. S. A. (fév. 1953), vol. 79, Separ. n° 175, 7 p., 6 fig., 1 réf. bibl. E. 25821. CDU 627.8.

279-69. Vérification par modèles hydrauliques de modifications à apporter à un barrage (Dam modifications checked by hydraulic models). HARRISON (E. S.), KINDESVATER (C. E.); *Proc. A. S. C. E. (Hydraul. Div.)*, U. S. A. (avr. 1953), vol. 79, Separ. n° 184, 17 p., 10 fig., 2 réf. bibl. E. 25836. CDU 627.8 : 620.015.7.

280-69. L'endiguement du Brakman. I. (De indijking van de Brakman. I.). DEKKER (A.); *Polytech. T.*, Pays-Bas (6 jan. 1953), n° 1-2, p. 8b-17b, 9 fig. E. 23622. CDU 627.8 : 631.6.

281-69. L'aménagement de la chute de La Vanelle sur la Basse-Isère. LIGOUZAT (A.); *Technica*, Fr. (juil. 1953), n° 162, p. 8-13, 6 fig. E. 26241. CDU 627.8.

282-69. Aménagement de la Haute-Isère, la chute des Brévières et le barrage de Tignes. I. II (fin) PAYAN (J. P.); *Tech. Trav.*, Fr. (juil.-août 1953), n° 7-8, p. 237-256, 30 fig.; (sep.-oct. 1953), n° 9-10, p. 309-319, 17 fig. E. 26091, 27053. CDU 627.8.

283-69. Propriétés thermiques du béton (Thermal properties of concrete). U. S. Dept. Inter. (Bur. Reclamat.), U. S. A. (1940), 1 vol., Bull. 1. (« Boulder Canyon project. Final reports ». Part. VII : Cement Concr. Investig.), vii + 153 p., 87 fig., 2 fig. h. t. — Le contrôle des températures dans le barrage de Boulder exigeait que l'on connût bien les variations de température dans le béton. Des essais nombreux ont été effectués à cet effet et font l'objet de ce rapport, qui traite successivement des points suivants : matériaux, échantillons et méthodes d'essais, résultats et conclusions sur la conductibilité, la chaleur spécifique, la den-

sité, les caractéristiques de diffusion, la prévision des propriétés thermiques. Développement des formules; essais de refroidissement. Matériaux du béton : agrégats, propriétés des ciments. Matériel et méthodes de calculs des essais : moules, conductibilité, chaleur spécifique, densité. Erreurs possibles. Vérification des résultats. E. 25912. CDU 627.8 : 691.328 : 539.37 (02).

284-69. Discussion sur la formation des contraintes dans le barrage de Shasta (Discussion of the development of stresses in Shasta dam). RIEGEL (R. M.), CARLSON (R. W.), LAGINHA SERAFIM (J.), ROSS (A. D.), HANSON (J. A.), WARREN SIMONDS (A.), RAPHAEL (J. M.); *Proc. A. S. C. E. (Struct. Div.)*, U. S. A. (jan. 1953), vol. 79, Separ. n° D-117, 12 p., 4 fig., 7 réf. bibl. (Article de J. M. RAPHAEL publié en février 1952 et dans notre D. T. 319-67). E. 25812. CDU 627.8 : 518.5.

285-69. Aménagements de la Rivière Columbia en eaux mortes (Slackwater improvement of the Columbia River). WALSH (O. E.); *Proc. A. S. C. E. (Waterw. Div.)*, U. S. A. (avr. 1953), vol. 79, Separ. n° 181, 16 p., 4 fig., 2 réf. bibl. E. 25839. CDU 627.8.

286-69. L'installation hydroélectrique de Kitimat (Colombie Britannique) pour la fabrication de l'aluminium (The Kitimat aluminium project). GRINDROD (J.); *Muck Shifter*, G.-B. (juil. 1953), vol. 2, n° 7, p. 307-313, 6 fig. E. 26039. CDU 627.8 : 725.4 : 691.77.

287-69. Influence de l'égalisation de torsion et de cisaillement sur le calcul des contraintes dans les barrages-voûtes telles que ces contraintes sont déterminées par la méthode du passage de la charge (Der Einfluss des Tangential- und Torsionsausgleiches auf die nach dem Lastaufteilungsverfahren bestimmten Spannungen in Gewölbestaumauern). JURECKA (W.); *Z. österr. Ingr.-Architekten-Ver.*, Autr. (3 juin 1953), n° 11-12, p. 101-105, 5 fig., 8 réf. bibl. — Dans le calcul des barrages en voûte par la méthode d'égalisation des charges entre mur et voûte, on obtient une plus grande exactitude en tenant compte du cisaillement et de la torsion. E. 25606. CDU 627.8 : 518.5.

288-69. Installation hydroélectrique d'Isornocipata et agrandissement de l'installation de Crego (groupe Edison, bassin de la Toce, Italie septentrionale) (Il nuovo impianto di Isornocipata e l'ampliamento dell'impianto di Crego del Gruppo Edison). *Energ. Elettr.*, Ital. (mai 1953), vol. 30, n° 5, p. 309-312, 4 fig. E. 25918. CDU 627.8.

289-69. Discussion de l'étude des barrages en arc d'épaisseur variable (Discussion of analysis of arch dams of variable thickness). PARME (A. L.), MENSCH (L. J.), KIRN (F. D.), SARKARIA (G. S.), JOSEPHS (A. C.), GOODALL (G. E.), PERKINS (W. A.); *Proc. A. S. C. E. (Power Div.)*, U. S. A. (mai 1953), vol. 79, Separ. n° D-129, 17 p., 7 fig., 9 réf. bibl. (Article de W. A. PERKINS publié en mai 1952 et dans notre D. T. 219-58). E. 25848. CDU 627.8 : 518.5.

290-69. Utilisation du gros béton pour les barrages aux Indes (Suitability of mass concrete for dams in India). (OMMEN (G.); *Indian Concr. J.*, Inde (15 juin 1953), vol. 27, n° 6, p. 240-244, 6 fig., 1 pl. h. t. E. 26174. CDU 627.8 : 693.5.

291-69. Un mode particulier de construction d'un barrage en déblais de roches (Here's one way to build a rock-fill dam). PEREZ (H. T.); *Constr. Methods*, U. S. A. (juin 1953), vol. 35, n° 6, p. 52-58, 16 fig. — La rivière a été détournée par une tranchée et un tunnel. Extraction de roches à la pelle mécanique, abattage de terrain au monitor pour les appuis. E. 25954. CDU 627.8 : 624.13.

292-69. Vannes de l'usine hydroélectrique de Birsfeld (Die Hakenschnitten für das Kraftwerk Birsfelden). GUTKNECHT (A.); *Schweiz. Bauztg.*

Suisse (20 juin 1953), n° 25, p. 363-367, 9 fig. E. 25776. CDU 627.8.

293-69. Usine hydroélectrique de l'Alcan-Colombie Britannique, en construction (Alcan British Columbia power project under construction). HUBER (W. G.); *Civ. Engng.*, U. S. A. (nov. 1952), vol. 22, n° 11, p. 40-45, 9 fig. E. 22979. CDU 627.8 : 621.311.21.

294-69. Travaux complexes d'excavation pour l'installation d'une station centrale souterraine (Complex excavation pattern cuts out underground powerhouse). HUBER (W. G.); *Civ. Engng.*, U. S. A. (juin 1953), vol. 23, n° 6, p. 52-57, 10 fig. — Installation pour la Centrale du barrage du Kenney (Colombie Britannique); ce sera la plus grande installation souterraine du monde. E. 25797. CDU 627.8 : 690.354.

295-69. Courbes d'évaluation de débit nominal pour l'écoulement sur des déversoirs en forme de tambour (Rating curves for flow over drum gates). BRADLEY (J. N.); *Proc. A. S. C. E. (Hydraul. Div.)*, U. S. A. (fév. 1953), vol. 79, Separ. n° 169, 18 p., 17 fig., 4 réf. bibl. E. 25815. CDU 627.8 : 532.5.

296-69. La conduite forcée de Castelbello (Haut Adige) (La condotta forzata di Castelbello). OBERTI (G.); *Energ. Elettr.*, Ital. (mai 1953), vol. 30, n° 5, p. 269-281, 13 fig., 4 réf. bibl. — Caractéristiques du projet et recherches expérimentales : longueur : 445,2 m; dénivellation : 294,6; diamètre maximum : 3,25 m; pression à la base : 300 t/m². E. 25918. CDU 627.8 : 628.15.

297-69. Abaques pour le calcul des renforts autour des conduites de barrage (Curves for designing reinforcement around dam penstocks). KAPILA (I. P.); *Civ. Engng.*, G.-B. (juil. 1953), vol. 48, n° 565, p. 646-647, 3 fig. E. 26146. CDU 627.8 : 621.643 : 518.3.

298-69. Calcul de la cheminée à étranglement de la chute Isère-Arc. BOUVARD (M.), MOLTERT (J.); *Houille blanche*, Fr. (mai 1953), n° 2, p. 260-281, 23 fig. E. 25900. CDU 627.8 : 518.5.

299-69. Systèmes de puits de décharges pour les barrages et les digues (Relief well systems for dams and levees). TURNBULL (W. J.), MAN-SUR (C. I.); *Proc. A. S. C. E. (Soil Mech. Foundations Div.)*, U. S. A. (mai 1953), vol. 79, Separ. n° 192, 20 p., 20 fig., 6 réf. bibl. E. 25845. CDU 627.8.

Fic BATIMENTS PUBLICS

300-69. La direction régionale des P. T. T. à Paris et le bureau de poste « Paris 52 ». *Constr. mod.*, Fr. (juin 1953), n° 6, p. 210-219, 15 fig. E. 25749. CDU 725.161.

301-69. Les tours de télécommunication des postes fédérales allemandes (Die Fernmeldeturme der Deutschen Bundespost). WEIN-GAERTNER (E.); *Beton Stahlbetonbau*, All. (juin 1953), n° 6, p. 129-135, 26 fig. E. 25677. CDU 725.161.

Fid VOIES DE COMMUNICATION

Fid ja Routes.

302-69. Le réseau des routes du Gabon. MEUNIER (G.); *Rev. gén. Routes Aérodr.*, Fr. (juin 1953), n° 257, p. 25-40, 43-45, 24 fig. E. 25733. CDU 621.7/8.

303-69. Notes sur le matériel routier à la Foire de Paris 1953. I. *Rev. gén. Routes Aérodr.*, Fr. (juin 1953), n° 257, p. 89-98, 23 fig. E. 25733. CDU 621.7/8 : 625.7.

304-69. Taux des changements de pente sur les grandes routes (Rate of change of grade per station). BROWNELL (C. J.); *Proc. A. S. C. E. (Highw. Div.)*, U. S. A. (mars 1952), vol. 78, Separ. n° 121, 20 p., 17 fig. — Discussion :

HICKERSON (T. F.), HOWE (R. T.), PROUTY (E. N.), BROWNELL (C. J.); (fév. 1953). vol. 79, Separ. n° D-121, 6 p., 3 fig., 1 réf. bibl. E. 19981, 25819. CDU 625.731 : 526.9.

305-69. Déviation pour 100 000 automobiles par jour pour permettre la construction d'une route (à Hollywood) (Detour handles 100,000 cars). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (28 mai 1953), vol. 150, n° 22, p. 40-41, 4 fig. E. 25890. CDU 625.731.

306-69. Stabilisation d'une route principale par le sel (Strabilizing a township road with salt). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (25 juin 1953), vol. 150, n° 26, p. 43, 45, 4 fig. — Procédé très simple. Essais exécutés à Elgin (Illinois). E. 26172. CDU 625.731 : 624.138.

307-69. Construction de routes neuves en gravier compacté. RAMEL (F.), MABS (J.); *Rev. gén. Routes Aérodr.*, Fr. (juin 1953), n° 257, p. 49-50, 53-59, 11 fig. E. 25733. CDU 625.75 : 691.22.

308-69. Règles pour la construction des revêtements routiers (Norme per la costruzione delle massicciate stradali). *Corr. Costr.*, Ital. (11 juin 1953), n° 24, p. 6, 1 fig. E. 25753. CDU 625.75 : 389.64.

309-69. De l'emploi du « béton maigre » dans la construction des routes en béton (Zur Frage der Anwendung von Weichbeton im Betonstrassenbau). KARSTEN (R.); *Strassen-Tiefbau*, All. (juin 1953), n° 6, p. 208-210, 11 fig., 6 réf. bibl. — Construction et résultats d'après l'expérience américaine. E. 25989. CDU 625.84 : 693.54.

310-69. Entretien mécanique des joints pour les routes en béton (Mechanised joint maintenance for concrete roads). *Engineer*, G.-B. (19 juin 1953), vol. 195, n° 5082, p. 870-871, 2 fig., 1 réf. bibl. E. 25850. CDU 625.84 : 693.54.

311-69. Modifications des caractéristiques rhéologiques et accroissement des qualités maitresses des bitumes routiers par chauffage dirigé et de durée variable à + 250° C. DURIEZ (M.); *Rev. gén. Routes Aérodr.*, Fr. (juin 1953), n° 257, p. 62-68, 71-75, 18 fig. E. 25733. CDU 625.85 : 691.161.

312-69. Ressources de l'industrie lourde au service de la route (goudrons, laitiers, tarmacadam de laitier). COCHERY (A.); *Rev. gén. Routes Aérodr.*, Fr. (juin 1953), n° 258, p. 83-98, 103, 18 fig. E. 26211. CDU 625.85 : 691.161.

313-69. Nouveau rouleau pour béton asphaltique (A new roller for asphaltic concrete). *Muck Shifter*, G.-B. (juin 1953), vol. 2, n° 7, p. 333-334, 2 fig. E. 26039. CDU 625.85 : 691.161.

314-69. Autoroute traversant tout l'État de New-York (New-York à Buffalo) (New York thruway's big year). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (2 juin 1953), vol. 151, n° 1, p. 38-40, 4 fig. E. 26173. CDU 625.7/8.

315-69. Les autoroutes à péage en Italie (Le autostrade a pedaggio in Italia). DI RENZO (A.); *Strade*, Ital. (juin 1953), n° 7, p. 202-205, 5 fig. E. 26153. CDU 625.7/8.

Fid je Voirie urbaine.

316-69. Dispositif pour la perforation du terrain en dessous du revêtement (Dispositivo para perforar el terreno debajo del pavimento). MORGANTI (A. C.), MORALES (L. B.), FERRER (B.), VELAZQUEZ (S.); *Rev. Obras Sanit. Nacion*, Argent. (fév.-mars 1953), t. 32, n° 151, p. 111-112, 3 fig. E. 25770. CDU 628.253 : 621.643.

Fid ji Voies ferrées.

317-69. Travaux en sous-œuvre au métro de Toronto (Underpinning on the Toronto subway). HARDING SCRIVENER (R.); *Engng J.*, Canada (juin 1953), vol. 36, n° 6, p. 718-723, 5 fig. E. 26199. CDU 690.592 : 625.1.

318-69. Les supports inclinés du téléferique Locarno-Orselina (Die Stützen der Seilbahn Locarno-Orselina-Cardada). BOLLINGER (O. E.); *Schweiz. Bauztg.*, Suisse (20 juin 1953), n° 25, p. 359-361, 4 fig. E. 25776. CDU 625.1 : 690 237.52 : 621.854.

Fid l Voies maritimes.

319-69. Discussion sur les vagues de longues périodes ou vagues de crête dans les ports (Discussion of long-period waves or surges in harbors). MCNOWN (J. S.), WILSON (B. W.), CARR (J. H.); *Proc. A. S. C. E. (Hydraul. Div.)*, U. S. A. (mars 1953), vol. 79, Separ. n° D-123, 13 p., 7 fig., 11 réf. bibl. — (Article de J. H. CARR publié en avril 1952 et dans notre D. T. 16-57). E. 25826. CDU 627.22.

320-69. Le port de Stockholm. LEIMDORFER (P.); *Génie civ.*, Fr. (1^{er} juil. 1953), t. 130, n° 13, p. 241-247, 16 fig. E. 26004. CDU 627.2.

321-69. Nouvelle installation d'embarquement des autos par rampe mobile à Ostende, pour le « Car-Ferry Prinses Josephine-Charlotte » BERTRAND (M. G.); *Ann. Trav. publ. Belg.*, Belg. (fév. 1953), t. 54, n° 1, p. 123-134, 4 fig., 2 pl. h. t. E. 26072. CDU 627.3.

322-69. La gare maritime pour le chargement des automobiles à Douvres (Angleterre) (Dover car ferry terminal). *Dock Harbour Author.*, G.-B. (juin 1953), vol. 34, n° 392, p. 35-38, 6 fig. E. 25748. CDU 627.3 : 725.382.

323-69. Spécifications normalisées pour la construction de réseaux de canaux (Standard specifications for construction of canal systems). U. S. Dept. Inter., Bur. Reclamat. (Design Constr. Div.), Denver, U. S. A. (août 1951), 111 p., 12 fig. — A) Conditions générales. B) Terrassements. C) Constructions. D) Tuyaux en béton préfabriqué pour les constructions. E) Vannes, appareils de levage et parties métalliques. F) Revêtement des canaux : 1) Revêtement en béton. 2) Revêtement de mortier appliqué pneumatiquement. 3) Revêtement par une couche appliquée. G) Béton. E. 25742. CDU 626.1. (02).

324-69. Nouveaux appareils pour le revêtement en béton des canaux (Neue Geräte für die Betonauskleidung von Kanälen). WOLL (A.); *Wasserwirtschaft*, All. (juin 1953), n° 9, p. 236-239, 7 fig. E. 25751. CDU 626.1 : 693.6.

325-69. L'écluse et le bief de Gossmannsdorf sur le Mein (Die Mainstaustufe Gossmannsdorf). SEIFERT (H.); *Bautechnik*, All. (juin 1953), n° 6, p. 166-173, 14 fig., 4 réf. bibl. — Barrage, usine hydroélectrique. E. 25679. CDU 626.41 : 627.8.

326-69. Calcul des cloisons étanches flexibles (The design of flexible bulkheads). AYERS (J. R.), STOKES (R. C.); *Proc. A. S. C. E. (Waterw. Div.)*, U. S. A. (jan. 1953), vol. 79, Separ. n° 166, 11 p., 19 fig. E. 25809. CDU 627.3 : 518.5.

327-69. Nouveaux murs de quai au port de Gand (New quay wall at the port of Ghent). *Dock Harbour Author.*, G.-B. (juin 1953), vol. 34, n° 392, p. 57-58, 5 fig., 1 réf. bibl. E. 25748. CDU 627.3 : 627.217.1.

328-69. Drainage des terres et défenses contre la mer dans le Sud-Est de l'Angleterre. I. (Land drainage and sea defence in S. E. England). CUBLEY CROWTHER (G.); *Civ. Engng.*, G.-B. (juin 1953), vol. 48, n° 565, p. 643-645, 6 fig. E. 26146. CDU 627.3 : 631.6.

Fid p Voies aériennes.

329-69. Facteurs à considérer pour choisir l'emplacement d'un aéroport (Factors to be considered in airport site selection). WALSH (J. P.); *J. Boston Soc. Civ. Engrs.*, U. S. A. (avr. 1953), vol. 40, n° 2, p. 122-132. E. 25853. CDU 629.139.1.

330-69. Les problèmes d'infrastructure soulevés par la mise en service d'avions à réaction. *Bull. Liaison Docum. Secrét. gén. Aviat. civ. commerc.* (Minist. Trav. publ. Transp. Tourisme) Fr. (mars-avr. 1953), n° 67, p. 28-46, 3 fig. E. 26068. CDU 629.139.1.

331-69. Vibration d'un revêtement d'aérodrome sur toute son épaisseur (Airfield pavement vibrated full-depth). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (18 juin 1953), vol. 150, n° 26, p. 39, 2 fig. E. 25923. CDU 629.139.1 : 693.556.4.

332-69. La gare terminus aérienne de Waterloo (Londres) (Waterloo air terminal). *Architect*, G.-B. (16 juil. 1953), vol. 204, n° 3, p. 78-80, 7 fig. E. 26183. CDU 629 : 725.39.

333-69. Tunnel principal d'accès à l'aéroport de Londres. I. (London airport main access tunnel). SMITH (H.); *Civ. Engng.*, G.-B. (juil. 1953), vol. 48, n° 565, p. 633-635. 5 fig. — Tunnel en béton armé de plus de 600 m de long. E. 26146. CDU 629 : 725.39 : 624.19.

Fif OUVRAGES D'ART

Fif j Souterrains.

334-69. Un grand débat sur les tunnels routiers Simplon, Mont-Blanc, liaison Chamonix-Suisse, Grand-Saint-Bernard, Val Ferret. *J. Constr. Suisse romande*, Suisse (juin 1953), n° 6, p. 344, 345. E. 25920. CDU 624.19 : 625.731.

Fif j Soutènement.

335-69. Murs de soutènement à claire-voie en béton préfabriqué (Precast concrete crib retaining walls). *Indian Concr. J.*, Inde (15 juin 1953), vol. 27, n° 6, p. 236-239, 12 fig., 1 pl. h. t., 1 réf. bibl. E. 26174. CDU 624.152 : 693.55.

Fif m Ponts.

336-69. Comportement non élastique des ponts sous des charges appliquées par impulsion (Nonelastic behavior of bridges under impulsive loads). FRAENKEL (S. J.), GRINTER (L. E.); *Proc. A. S. C. E. (Engng Mechan. Div.)*, U. S. A. (avr. 1953), vol. 79, Separ. n° 185, 20 p., 10 fig., 9 réf. bibl. E. 25835. CDU 624.2/8 : 518.5.

337-69. Essais sur des ponts routiers (Tests on road bridges). DAVEY (N.); *Nation. Build. Stud.* (B. R. S.), G.-B. (1953), Res. pap. n° 16, VI + 33 p., 22 fig., 15 fig. h. t., 8 réf. bibl. — Ponts à poutres en fonte. Ponts-routes en maçonnerie. E. 25759. CDU 625.74 : 620.1.

338-69. Ponts en béton (Betonnen bruggen). BILLIC (L.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (déc. 1951) n° 11-12, p. 196-201, 14 fig. (Extrait de l'ouvrage de M. MAILLART). (Résumés anglais, français, allemand.) E. 18484. CDU 624.2/8 : 693.55.

339-69. Reconstruction du pont Jean-Richard sur la Saône à Châlon-sur-Saône. VRAIN (G.); *Tech. mod. Constr.*, Fr. (juin 1953), t. 8, n° 6, p. 183-191, 21 fig. E. 25902. CDU 624.27 : 693.97.

340-69. Le pont sur la route nationale n° 35 sur la Tafna (Algérie). KEMER (H.); *Travaux*, Fr. (juil. 1953), n° 225, p. 361-366, 20 fig. E. 25876. CDU 625.74.

341-69. Le pont de la baie de Chesapeake (U. S. A.). *Ossature métall.*, Belg. (juin 1953), n° 6, p. 328-332, 8 fig. — Pont métallique de 2 558 m de longueur composé de travées d'accès en cantilever et d'une travée centrale constituée par un pont suspendu de 890 m de longueur avec travée centrale de 488 m. Piles fondées sur pieux en poutrelles à larges ailes ayant

jusqu'à 30 m de longueur. Méthode de montage par grue ponton, par chalands et ponts-portiques roulants. E. 25608

CDU 624.27 : 693.97.

342-69. Reconstruction du pont de la Bleuze Borne sur l'Escaut à Valenciennes. DELCAMP (A.); Ossature métall., Belg. (juil.-août 1953), n° 7-8, p. 393-399, 10 fig. E. 26094.

CDU 624.27 : 693.97.

343-69. Le nouveau pont sur l'Aar à Schinznach-Bad (Die neue Aarebrücke bei Schinznach-Bad). GUT (H.); Schweiz. Bauztg., Suisse (20 juin 1953), n° 25, p. 357-359, 10 fig., 1 réf. bibl. — Trois travées en acier soudé. Portée de la travée centrale : 48,6 m. E. 25776.

CDU 624.27 : 693.97.

344-69. Reconstruction du pont couvert en bois à Bremgarten (Suisse) (Umbau der gedeckten Holzbrücke in Bremgarten AG.). Hoch Tiefbau, Suisse (20 juin 1953), n° 25, p. 202-206, 17 fig. E. 25734.

CDU 624.27 : 694.1.

345-69. Caractéristiques spéciales du projet pour le pont de Yorktown (Special design features of the Yorktown bridge). QUADE (M. N.); Proc. A. S. C. E. (Constr. Struct. Div.), U. S. A. (jan. 1953), vol. 79, Separ. n° 168, 15 p., 9 fig., 3 réf. bibl. E. 25813.

CDU 624.27 : 624.157.

346-69. Pont sur la New York River, Virginie, U. S. A. (The York River bridge, Virginia, U. S. A.). Engineering, G.-B. (12 juin 1953), vol. 175, n° 4559, p. 737-740; 12 fig. —

Pont métallique à sept travées inégales, dont la plus grande a 150 m d'ouverture, mais est formée par deux portions de pont tournant, pivotant chacune sur une pile. Détail des fondations qui constituaient la difficulté majeure de l'ouvrage. Les caissons ont été construits à Norfolk (Virginie) et remorqués flottants; le plus gros contenait 1 500 t de ciment comme lest. E. 25708.

CDU 624.27 : 693.97.

347-69. Achèvement d'un pont à poutres métalliques à Brème; emploi de grues à pylônes pour la construction (Steel girder bridge completed at Bremen; tower cranes used in construction). Muck Shifter, G.-B. (juil. 1953), vol. 2, n° 7, p. 328-330, 2 fig. — Comparaison de trois ponts établis au même emplacement en 1874, 1915 et 1952. Le nouveau pont comporte deux travées de 112 et 63 m de portée. E. 26039.

CDU 624.27 : 693.97.

348-69. Le viaduc de Lauterbach près de Kaiserslautern (Der Lauterbach-Viadukt bei Kaiserslautern). EISELIN (O.); Bautechnik, All. (juin 1953), n° 6, p. 160-166, 16 fig. — Viaduc à cinq travées; poutres métalliques continues; tablier en béton précontraint. E. 25679.

CDU 624.27 : 693.97.

349-69. Reconstruction du pont du Main à Wertheim avec l'acier provenant d'un vieux pont (Mainbrücke Wertheim, ganz aus Altstahl). SCHÖTTGEN (J.); Bautechnik, All. (juin 1953), n° 6, p. 173-177, 9 fig. E. 25679.

CDU 624.27 : 690.593.

350-69. Le bitume et le goudron dans les chaussées légères des ponts routes en acier (Bitumen und Teer bei Leichtfahrbahnen stählerner Strassenbrücken). SEEGER (K. H.); Bitum.-Teere-Asph.-Pecher-Stoffe, All. (juin 1953), n° 6, p. 154-158, 5 fig., 9 réf. bibl. E. 25887.

CDU 625.74 : 625.85 : 691.161.

351-69. Ponts à poutre médiane (Mittelträgerbrücken). HAUPT (W.); V. D. I., All. (11 juin 1953), vol. 95, n° 17-18, p. 511, 3 fig., 1 réf. bibl. E. 25718.

CDU 624.27.

352-69. Remaniement du Pont de Brooklyn (Der Umbau der Brooklyn-Brücke in New York). Bautechnik, All. (juin 1953), n° 6, p. 178-180, 7 fig. E. 25679.

CDU 624.5 : 690.593.

353-69. Communications entre la Sicile et le Continent. Projet de pont suspendu (Il problema delle comunicazioni fra la Sicilia e il Continente e la sua soluzione con la costruzione di un ponte sospeso). MASI (F.); Costr. metall., Ital. (mai-juin 1953), n° 3, p. 18-19, 3 fig. E. 26185.

CDU 624.5.

354-69. Équipement électromécanique de deux ponts tournants récents (De electromechanische uitrustung van twee recente draaibruggen). DE RIES (J.); Ann. Trav. Publ. Belg., Belg. (fév. 1953), t. 54, n° 1, p. 9-43, 21 fig. (résumé français : p. 44-46.) E. 26072.

CDU 624.82 : 621.316.

II. — TRADUCTIONS

D'ARTICLES TECHNIQUES EFFECTUÉES PAR L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

Des reproductions de ces traductions peuvent être fournies aux adhérents de l'Institut Technique, moyennant une participation aux frais de traduction fixée forfaitairement à 325 F la page dactylographiée du format normal.

355 bis. Causes des perturbations du tirage des cheminées (Ursachen von Zugstörungen am Schornstein). Tech. Schornsteinfegerhandwerk, All. (1953), n° 4, p. 29-30, 5 fig. (Suite du numéro 3 1953). — Causes et remèdes des entrées d'air parasite à travers les foyers. Influence des conditions atmosphériques et du vent. Conditions nouvelles imposées aux cheminées. Effets des bombardements, cheminées bistrées, combustibles défectueux, foyers à grand rendement. Détermination de la puissance de tirage d'une cheminée. E. 25716, 6 p.

359. Ordonnance royale concernant le bâtiment, promulguée au château de Stockholm le 30 juin 1947 (Byggnad stadga; given

Stockholms slott den 30 juni 1947). Svensk Forfattningsamling, Suède (14 juil. 1947), n° 390, p. 709, 732-733, 739, 760. — Prescriptions relatives aux conduits de fumée, aux foyers et appareils de chauffage, aux toitures, lucarnes, vasistas. E. 25717, 4 p.

362. La protection contre le feu dans la maison (Der Feuerschutz im Haus.). LIPOWY (A.); Tech. Schornsteinfegerhandwerk, All. (juin 1953), n° 6, p. 41-43, 8 fig. — Rôle de l'entrepreneur de fumisterie. Connaissance des lois et des règlements. Nécessité d'une bonne disposition des foyers. Étude de la combustion : lois théoriques et observations expérimentales. Danger des poêles amovibles installés par les particuliers. Fautes lourdes d'installations :

distance trop faible entre les conduits de fumée et les matières combustibles. E. 26083, 7 p.

363. Fumée et suie (Rauch und Russ). Tech. Schornsteinfegerhandwerk, All. (avr. 1953), n° 4, p. 25-27; (mai 1953), n° 5, p. 33-34. — Règles de la combustion, ses facteurs : combustible, oxygène, température d'inflammation, formation de la suie, composition des fumées, l'importance de la granulométrie des combustibles, de l'épaisseur de la couche, de l'étanchéité des conduits, de leur refroidissement. Problème de la suie : en flocons, en poudre, dure, brillante, grasse, cause de leur formation, différence de leur comportement quant à leur inflammabilité et aux températures obtenues. E. 26084, 10 p.

IV. — BIBLIOGRAPHIE

Chaque analyse bibliographique donnant le nom et l'adresse de l'éditeur et le prix de vente, les adhérents de l'Institut Technique sont priés de s'adresser directement aux éditeurs ou aux librairies pour se procurer les ouvrages qu'ils désirent acquérir, toutefois pour les ouvrages édités à l'étranger, il est préférable de les commander par l'intermédiaire de librairies spécialisées dans l'importation. Tous renseignements complémentaires seront fournis sur demande par l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics. 19, rue la Pérouse, Paris-XVI^e.

B-905. Chauffage. Ventilation. Conditionnement d'air. MISSENAUD (A.), CADIÈRGUES (R.); Éd. : Eyrolles, 61 boulevard Saint-Germain, Paris (1953), 1 vol. (16,5 × 25 cm), 256 p., 130 fig., 8 pl. h. t. F : 1 600. — I : Rappel des notions fondamentales sur les unités et généralités. II : Appareils de ventilation et conditionnement d'air, filtres, ventilateurs, gaines, laveurs, bouches de soufflage, d'évacuation, de reprise. III : Production de chaleur. Chauffage.

feries. Poêles. Chaudières. Brûleurs, combustibles, conduits de fumée. IV : Caractéristiques des surfaces de chauffe; leur efficacité et leur émission; tuyauteries, calorifuge. V, VI, VII : Chauffages à eau chaude, à vapeur, à air chaud. VIII : Description du chauffage à distance, du chauffage individuel et du chauffage thermodynamique. IX : Dispositifs de réglage, de régulation automatique thermique et hygro-métrique, comptage; réception et essais des

installations. X : Calcul : des installations, des consommations moyennes de combustibles, des réseaux de vapeur et à eau chaude, des installations à air chaud, de ventilation et de conditionnement d'air. XI : Choix des systèmes, d'émission, de distribution de chaleur, de génération de chaleur. Rédaction des cahiers des charges. Bibliographie. E. 25858.

B-906. L'assainissement. Égouts et stations d'épuration. (RENAUD (A.); Éd. : Eyrolles,

61, boulevard Saint-Germain, Paris (1953), 1 vol. (17 × 26 cm), 243 p., 115 fig., 19 fig. h. t., 1 pl. h. t. F : 1 900. — I : Considérations générales sur l'assainissement. Composition de l'effluent urbain. Procédés d'évacuation de l'effluent; système unitaire, séparatif, mixtes; critères d'emploi. Organes accessoires des réseaux d'assainissement. II : Réseau pluvial; effluent, nœuds, débits. Éléments constitutifs du réseau pluvial : canalisations, tuyaux, égouts ovoïdes, regards de visite, bouches d'égout. Conception d'un réseau : évaluation des débits, dimensions des canalisations. III : Réseau vanne. Effluent. Calcul des égouts. Éléments constitutifs des réseaux vannés; canalisations, tuyaux, joints, pose des tuyaux, regards. Conception d'un réseau vanne : débits, autocurage, section, tracé en plan et profil en long, chasses. IV : Réseaux combinés et unitaire : particularités, débits, ouvrages particuliers; réseau pseudo-séparatif : combinaisons en tracé. V : Branchements particuliers, boîtes de branchement. VI : Exploitation et entretien des réseaux. Nettoyages par chasses d'eau, chasses commandées, aération des égouts, mesures de sécurité. VII : Traitement des eaux d'égouts. Considérations théoriques, composition des effluents; stations d'épuration, décantation, traitement des boues, lits bactériens, boues activées; épuration naturelle; traitement chimique des effluents; ouvrages d'épuration : ouvrages de tamisage, de décantation, de digestion, lits bactériens, installations des boues activées, fosse septique collective, ouvrages de filtration par le sol; exploitation et entretien des stations. VIII : Ouvrages spéciaux. IX : Réglementation en matière d'assainissement. Annexes : I Type de contrat d'entretien d'une station d'épuration. II : Circulaire relative à l'assainissement des agglomérations, surveillance et contrôle des installations, prélèvements et analyses d'eaux d'égout, présentation des dossiers de travaux. III : Variation des débits et vitesses en fonction du remplissage. E. 25859.

B-907. Résistance des matériaux. MANUEL (G.); Éd.: Dunod, 92, rue Bonaparte Paris (1953), 1 vol. (16 × 24,5 cm), vi + 258 p., nombr. fig. — I : Notions fondamentales sur l'équilibre des milieux élastiques; étude des contraintes et des déformations, relations entre elles, équations de l'équilibre élastique. II, III, IV : Théorie des poutres dans le domaine élastique : généralités; application de la théorie de l'élasticité, à la flexion circulaire et à la traction simple; application de la théorie de l'élasticité à l'étude des poutres (cas général), flexion circulaire, droite, déviée ou composée, torsion, torsion et effort tranchant combinés, ressorts, concentration des contraintes; théorie énergétique, théorèmes de Maxwell et de Castigliano; systèmes hyperstatiques; lignes d'influence; étude des poutres droites isostatiques et hyperstatiques; aperçu sur la théorie des arcs à trois articulations, à deux articulations, encastres; portiques. V : Stabilité élastique et flambement : théorie, charges critiques, méthode du potentiel total, méthode de l'équilibre infiniment voisin; applications pratiques, flambement par compression, par flexion, par torsion, flambement composé; flambement des plaques minces; flambement d'une colonne à inertie variable. VI : Propriétés mécaniques

des matériaux : étude expérimentale de la déformation d'un solide soumis à des cycles d'efforts lentement variables et des influences diverses; fatigue et endurance. VII : Conditions d'utilisation des matériaux : critères de plasticité et de rupture; théorie de Mohr-Cauchy, courbe intrinsèque; limite élastique et flambement des poutres et plaques; flambement au delà de la limite de proportionnalité. Module réduit de Karman; déformations plastiques; adaptation; sécurité. VIII : Déterminations expérimentales, essais sur réel; essais sur modèle, méthodes par analogie. IX : Matériaux composites : béton armé, matériaux sandwichs. X : Notions sur les systèmes triangulés : poutres articulées; poutres à assemblages rigides. Bibliographie. E. 25724.

B-908. Comptes rendus de la Société pour la détermination expérimentale des efforts (Proceedings of the Society for experimental stress, analysis). MAHLMANN (C. V.), MURRAY (W. M.); Éd.: Society for Experimental Stress Analysis, Box 168, Central Square Station, Cambridge 39, Massachusetts, U. S. A. (1953), 1 vol. (22 × 29 cm), vol. X, n° 2, xxv + 195 p., 162 fig., 2 fig. h. t., 85 réf. bibl. — Rapports traitant des sujets suivants : Fleximètre équilatéral type SR-4, pour l'emploi des extensomètres à résistance. Détermination des efforts centrifuges dans une turbine au moyen du procédé « Stress coat » (procédé consistant à observer les déformations qui se produisent dans un enduit appliqué sur la turbine). Application des interférences optiques à l'étude des contraintes résiduelles de surface, durée de vie des dents d'engrenages hélicoïdaux. Étude en vraie grandeur des véhicules remarquables. Détermination expérimentale du module des barres et anneaux supportés élastiquement. Résultats complémentaires d'essais de vibration par la méthode de la masse accordée. Pressions hydrodynamiques sur les barrages sous l'action de tremblements de terre horizontaux. Méthode pour l'évaluation du montage avec ailettes libres comme moyen de suppression de la vibration des ailettes de turbines et de compresseurs. Application du tube à éclair à xénon pour le polariscopes. Appareillage et expériences fondamentales de plasticité. Machine pour l'essai de fatigue sous l'effet de la charge axiale. Effet de superposition de raidisseurs sur les pièces soumises aux charges statiques ou répétées. Comportement de l'extensomètre à résistance SR-4 sur certains matériaux en présence d'une pression hydraulique. E. 25698.

B-909. Comptes rendus de l'Association des Ingénieurs en Construction de Californie. Congrès annuel 1952 (Proceedings. Structural Engineers Association of California. Annual convention. Riverside 16, 17, 18 oct. 1952); Éd.: University of California Library, 405 Hilgard Ave, Los Angeles 24, Californie (1952), 1 vol. (22 × 28 cm), 127 p., 35 fig., 43 fig. h. t., 9 réf. bibl. — Rapports traitant des questions suivantes : Effets des tremblements de terre et des explosions sur les constructions. Programme de recherches de la division Californienne des routes à grand trafic. Recherches concernant la construction du Navcerelab (Laboratoire de la marine américaine pour les

recherches relatives au génie civil). Recherches sur le béton précontraint. Recherches sur la construction à l'Institut californien de technologie. Résistance du béton au cisaillement. Analyse d'après maquettes des dalles à trois dimensions. Effets des tremblements de terre sur les barrages à remblai rocheux. Résultats des essais d'une poutre en béton prétendue. Recherches sur la capacité portante des semelles étroites sur la surface d'un sol manquant de cohésion. Recherches concernant la construction à l'Université de Stanford, à l'Université de Californie, à l'Université de Washington. Formation des techniciens pour l'industrie. E. 25699.

B-910. Principes et pratique du béton précontraint (The principles and practice of prestressed concrete). ABELES (P. W.); Éd.: Crosby Lockwood and Son, Ltd, 39, Thurlow Street, Londres SW. 7, G.-B. (1952), vol. 1, 2^e éd. (19 × 25,5 cm), xii + 116 p., 97 fig., 73 réf. bibl., 21 s. — Idée fondamentale de la précontrainte. Application au béton armé. Caractéristiques des poutres précontraintes en béton : essais sur appuis, comportement aux fissures. Divers systèmes : historique; essais primitifs de précontrainte; progrès vers la solution; création d'un matériau homogène. Méthodes diverses de précontrainte. Étude du béton précontraint, ses bases; flexions : simple, égale suivant deux directions; contraintes principales. Calcul du béton précontraint; contraintes admissibles; influence de la forme sur la capacité portante; comparaisons des capacités portantes. Exemples de comparaisons : sections rectangulaires; essais comparatifs de Magnel. Précontrainte complète ou partielle. Contraintes de l'acier; types divers des poutres partiellement précontraintes. Recherches sur le béton précontraint : résultats de quelques essais; suggestions pour les recherches ultérieures. Application pratique de la précontrainte; application de la méthode de Freyssinet; méthode Hoyer en Allemagne et en Yougoslavie; procédés Schäfer, Dow-Mac et Schorer. Développement de la post-contrainte; câbles : Freyssinet, Magnel; renforcement d'un clocher. Économie de la précontrainte; exemple d'un pont économique et d'un projet de plancher; post-contrainte : exemple de comparaison. Comportement caractéristique du béton précontraint; contrainte initiale et effective. Études et projets. Méthodes variées de précontrainte et de post-contrainte. E. 25572.

B-911. Résistance des matériaux (Strength of materials). MORLEY (A.); 10^e éd.; Éd.: Longmans Green and Co. Ltd, 6, 7 Clifford Street, Londres W.1, G.-B. (1951), 1 vol. (15 × 23 cm), x + 583 p., 265 fig., 25 s. — Efforts et contraintes élastiques. Propriétés mécaniques des métaux. Énergie de contrainte et résistance. Théorie du fléchissement. Efforts dans les poutres. Déformation des poutres. Poutres composées et poutres continues. Supplément sur la flexion. Efforts directs et efforts de flexion. Torsion. Tuyaux, cylindres et disques. Flexion des barres courbes. Plaques planes. Vibrations et vitesses critiques. Machines pour l'essai des matériaux, appareils et méthodes. Essais spéciaux (efforts répétés et inversés). Matériaux spéciaux. Exemples numériques, tables de logarithmes et fonctions trigonométriques. E. 25643.

(Reproduction interdite.)

JUST PUBLISHED :

STRENGTH OF MATERIALS THEORETICAL AND EXPERIMENTAL

By **M. R. L'HERMITE,**

Director of the " Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics ".

Vol. I. — Theory of Elasticity and of Elastic Structures. xvi + 860 pages, 16 × 25 cm, with 384 figures, cloth bound. Price : FF 8 400 (Including registered postage : FF : 8 565.)
For sale, at : " La Documentation Technique du Bâtiment et des Travaux Publics ", 19, rue La Pérouse, Paris-XVI^e (C. C. P. Paris 8524-12).

Vols II, III, IV. — In preparation.

Publisher : DUNOD.

Strength of materials, the knowledge of properties of solids, the theories of elasticity and plasticity and structural theory have made considerable progress in the last twenty years. The structural engineer can no longer allow himself to be ignorant of the work of his predecessors, as otherwise he risks losing precious time in personal research, or to end up in uncertain approximations. Unfortunately, these investigations are dispersed in numerous publications and scientific reviews the world over, and no work of synthesis has appeared up to the present time. This work, which has necessitated the consultation of thousands of documents in all languages, answers the problem of engineers and technicians, and offers them in four volumes a complete collection of the most recent calculating methods and theories.

The first volume, of which an extract from the subject index will be found below, is devoted to the theories of elasticity and elastic structures; the second to structural theories, buckling and plasticity; the third to physical mechanics of materials: finally, the investigation of dynamic phenomena, impacts and vibrations, joining of materials, statistics and safety will be the subject of the fourth volume.

The plan of the work makes possible, for each of the subjects treated, an integral investigation laying bare

the underlying principles, followed by analyses of special cases of methods of treatment and practical results in the form of figures and tables. In conclusion, a commented bibliography makes it possible for the reader to refer easily to the sources. It is worth noting that the major part of the documents used is available at the library of the L. B. T. P., where these documents may be consulted by interested readers.

Thus, this book is not specifically a course of strength of materials. It is designed for consultation, and alphabetical subject and author indices make it apt for this purpose. Each chapter and even each paragraph, may be read independently, the reader being aided in his reading by tables with appropriate symbols, distributed throughout each volume. Thus, this basic work will naturally find a place on the shelves of every technical library. By referring to it, engineers, design offices, physicists, mathematicians, university students and students of technological institutes will have available a representative view of present-day knowledge in the vast field of strength of materials.

The " Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics " has been of great help in the writing of this work, particularly through putting at the disposal of the Author the vast documentation and information sources in its possession.

EXTRACT FROM THE SUBJECT INDEX OF VOL. I

THEORY OF ELASTICITY. ELASTICITY IN TWO-DIMENSIONAL MEDIA (PLANE ELASTICITY). INTERNAL EQUILIBRIUM OF BODIES, ONE OF WHOSE DIMENSIONS IS GREAT WITH RESPECT TO THE TWO OTHERS. TENSION AND FLEXURE. TORSION. THEORY OF STATICALLY-DETERMINATE STRUCTURES. STATICALLY-DETERMINATE STRAIGHT, CURVED AND HINGED MEMBERS. THEORY OF STATICALLY INDETERMINATE STRUCTURES. BEAMS AND SYSTEMS OF STRAIGHT BEAMS. CURVED BEAMS, ARCHES AND RIGID FRAMES. THREE DIMENSIONAL STATICALLY-INDETERMINATE STRUCTURES. PLATES AND SLABS IN FLEXURE. THIN SHELLS. CRITIQUE AND OVERALL VIEW.

VIENT DE PARAÎTRE :

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

THÉORIQUE ET EXPÉRIMENTALE

Par **M. R. L'HERMITE,**

Directeur des Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics.

Tome I. — Théorie de l'Élasticité et des Structures élastiques.

Tomes II, III, IV. — En préparation.

DUNOD, Éditeur.

La résistance des matériaux, la connaissance des propriétés des solides, les théories de l'élasticité, de la plasticité et de la stabilité ont fait depuis vingt ans des progrès considérables. L'ingénieur, placé devant un problème de construction, ne peut plus se permettre d'ignorer les travaux de ses devanciers, sans lesquels il risque de perdre en recherches personnelles, un temps précieux, ou de n'aboutir qu'à des approximations incertaines. Malheureusement ces études sont dispersées dans de nombreux ouvrages et dans les revues scientifiques du monde entier, et aucun travail de synthèse n'en avait été réalisé jusqu'à ce jour. Le présent ouvrage, qui a nécessité la consultation de milliers de documents en toutes langues, répond à l'attente des ingénieurs et techniciens, et leur offre en quatre tomes un recueil complet des théories et méthodes de calcul les plus modernes. Le premier volume dont on trouvera ci-dessous un extrait de la table des matières, est consacré aux théories de l'élasticité et des structures élastiques; le second, aux théories de la stabilité, du flambement et de la plasticité; le troisième traitera de la mécanique physique des matériaux; enfin l'étude des phénomènes dynamiques, chocs et vibrations, des associations et assemblages de matériaux, des statistiques et de la sécurité, formera la matière du quatrième volume.

La présentation de l'ouvrage permet, sur chacun des sujets traités, une étude d'ensemble qui en dégage

les grands principes, suivie de l'analyse de cas particuliers et des méthodes de traitement et résultats pratiques sous forme de figures et de tableaux. Une bibliographie commentée permet enfin au lecteur de se reporter aisément aux sources. La majeure partie des documents utilisés est d'ailleurs déposée à la Bibliothèque des Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics (12, rue Brancion) où elle peut être consultée par le lecteur intéressé.

Ce livre n'est donc pas spécialement un cours de résistance des matériaux : il est destiné à la consultation, et un index alphabétique des matières et d'auteurs le complète en ce sens. Chaque chapitre et même chaque paragraphe peut être lu indépendamment, le lecteur y étant aidé par des tableaux de symboles répartis dans chaque volume. Cet ouvrage de base a donc tout naturellement sa place au rayon des usuels de toute bibliothèque technique. En s'y reportant, ingénieurs, bureaux d'études, physiciens et mathématiciens, étudiants des grandes écoles et des universités, auront sous les yeux un tableau représentatif des connaissances actuelles dans le vaste domaine de la résistance des matériaux.

L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics a apporté un important concours pour la réalisation de cet ouvrage en mettant en particulier, à la disposition de l'auteur, la vaste documentation qu'il a rassemblée et les moyens de renseignements dont il dispose.

EXTRAIT DE LA TABLE DES MATIÈRES DU TOME I

THÉORIE DE L'ÉLASTICITÉ. ÉLASTICITÉ DES MILIEUX A DEUX DIMENSIONS (ÉLASTICITÉ PLANE). ÉQUILIBRE INTERNE DES CORPS A FIBRE MOYENNE. TENSION ET FLEXION. TORSION. THÉORIE DES STRUCTURES ISOSTATIQUES. PIÈCES DROITES, COURBES OU ARTICULÉES, STATIQUEMENT DÉTERMINÉES. THÉORIE DES STRUCTURES HYPERSTATIQUES. POUTRES ET SYSTÈMES DE POUTRES DROITES. POUTRES COURBES, ARCS ET PORTIQUES. STRUCTURES HYPERSTATIQUES A TROIS DIMENSIONS. PLAQUES ET DALLES FLÉCHIES. COQUES. CRITIQUES ET VUES D'ENSEMBLE.

Le tome I comprenant xvi + 860 pages format 16 × 25 cm, avec 384 figures, est en vente à La Documentation Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, 19, rue La Pérouse, Paris-XVI^e, au prix de 8 400 F + T. L. l'exemplaire relié toile. (Franco port recommandé : 8 692 F. — C. C. P. Paris 8 524-12.)

QUESTIONS GÉNÉRALES

(III)

Déjà paru dans la même série au 31 octobre 1953 :

- N° 1. — L. FLAUS, Quelques conséquences de l'insuffisance du taux de rationalisation de l'industrie de la construction.
- N° 2. — J. KERISEL, Point actuel de la reconstruction, ses perspectives d'avenir.
- N° 3. — R. L'HERMINIER, Aérodromes à grand trafic, étude critique du tracé des pistes.
- N° 4. — A. BALENCY-BÉARN et L. LAURU, Les chantiers en face des problèmes de la préparation du travail.
- N° 5. — A. MARINI, Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.
- N° 6. — A. MORALI DANINOS, Étude psychophysiologique du travail à la scie circulaire.
- N° 7. — G. FROMENT et V. RAYMOND, Contribution à l'étude des conditions de travail dans l'air comprimé.
- N° 8. — R. VAUBOURDOLLE, Électrification Paris-Lyon.
- N° 9. — V. RAYMOND, La silicose dans les travaux publics. — P. EXPILLY, Lutte contre la silicose chez les mineurs des travaux publics.
- N° 10. — H. SYMON et J. KERISEL, Problèmes généraux de la construction et de la reconstruction en France et en Grande-Bretagne.
- N° 11. — E. H. L. SIMON, Emploi actuel des méthodes de préfabrication dans le bâtiment. Obstacles et possibilités d'avenir.
- N° 12. — R. RÉ, Les études des réseaux d'irrigation.
- N° 13. — M. ROUSSELIER, Le programme hydraulique d'Électricité de France.
- N° 14. — G. SAUVAGE DE SAINT-MARC, Les études hydrauliques sur modèles réduits.
- N° 15. — L. BANGRATZ, Contrôle des temps sur les chantiers. Méthode et exemple d'application.
- N° 16. — H. LAFUMA, Le problème de la productivité dans l'industrie française des liants hydrauliques.
- N° 17. — V. RAYMOND et G. FROMENT, Mesures particulières de protection et de salubrité applicables aux chantiers de travaux dans l'air comprimé. Exposé des résultats d'études.
- N° 18. — A. GIGOU, Application et orientation de la normalisation dans le bâtiment.
- N° 19. — J. GREZEL, La productivité américaine en 1951.
- N° 20. — R. L'HERMITE, La recherche scientifique aux États-Unis et dans le monde.
- N° 21. — R. ARCHAMBAULT, Quelques aspects de la prospection et de l'exploitation des eaux souterraines.
- N° 22. — A. SAMUEL, La prévention des incendies par l'ignifugation dans le bâtiment et la décoration.

BATIR

REVUE TECHNIQUE DE LA FÉDÉRATION NATIONALE DU BATIMENT
ET DES ACTIVITÉS ANNEXES

PUBLIÉE AVEC LE CONCOURS DE L'INSTITUT TECHNIQUE
ET DES LABORATOIRES DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

SOMMAIRE DU NUMÉRO 34 (OCTOBRE 1953)

GROS ŒUVRE : L'exploitation et l'entretien des machines à mouler.

Utilisation d'une pelle mécanique à l'intérieur d'un local.

BOIS : La triangulation américaine.

ÉQUIPEMENT TECHNIQUE : Le chauffage des usines.

Paratonnerres.

PEINTURE ET DÉCORATION : Les « Wash primers ».

NOUVEAUTÉS BREVETÉES : Échafaudages.

MÉTAL : Transformation d'un garage de six étages en immeuble administratif et commercial de neuf étages.

VISITE DE CHANTIER : Logements jumelés, colorés, modulés.

La reconstruction des grands magasins Decré à Nantes.

Églises monolithes.

À propos du concours de l'Office de logements.

Chez les petits inventeurs.

Fiches bibliographiques.

Ces textes s'attachent à présenter, d'une façon à la fois simple et complète, des renseignements utiles.

Prix du numéro : 300 F

SPÉCIMEN GRATUIT SUR DEMANDE
BATIR — 33, avenue Kléber, Paris-XVI^e

Abonnement d'un an : 2 500 F
(Neuf numéros)

VIENT DE PARAÎTRE :

AU PIED DU MUR

Par **M. Robert L'HERMITE**, Directeur des Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics.

Depuis qu'elle paraît, la revue « Bâtir » s'est signalée à l'attention du monde de la Construction par sa formule originale et son désir de ne fournir que des indications d'ordre pratique. Mais il est bien certain que le succès qu'elle a connu est dû en très grande partie à la présence, dans ses colonnes, de planches en couleurs dans lesquelles les problèmes tech-

niques les plus austères et les plus ardues sont traduits en dessins plaisants rappelant ceux des illustrés enfantins.

Le succès fut éclatant, à tel point qu'il a fallu envisager de réunir en un album la totalité de ces planches en couleurs. Cet album vient de paraître et porte le titre bien significatif de : AU PIED DU MUR.

Cet ouvrage, préfacé par M. André MEUNIER, Président des Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics, rendra les plus grands services à tous ceux qui, à quelque titre que ce soit, appartiennent aux métiers de la Construction.

SOMMAIRE

Préface. Présentation.

LE BÉTON. — La fabrication : Les matières premières. Le dosage et ses principales règles. L'ouvrabilité. La vibration.

Procédés spéciaux de bétonnage : L'essorage. Béton de blocage. Béton à air occlus. Bétonnage par temps froid et chaud. Traitement du béton à la chaleur.

Format in-quarto raisin (24 x 32). Dix-neuf séries de planches en quatre couleurs, soit 108 pages, imprimées sur papier couché. Forte couverture cartonnée et laquée, en quadrichromie. Jaquette de luxe. Prix : 2 000 F. Envoi franco : 2 200 F.

En vente à la Documentation Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, 19, rue La Pérouse, Paris-XVI^e.
C. C. P. Paris 8524-12.

La déformation du béton : Retrait. Déformation sous charge et fluage. Rupture.

Les attaques chimiques. — Le contrôle des chantiers. — L'auscultation des ouvrages.

BRIQUES DE TERRE CUITE ET MAÇONNERIE DE BRIQUES, MURS ET CLOISONS

INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES (SESSION 1953-1954)

Salle de la Fédération Nationale du Bâtiment, 7, rue La Pérouse, Paris-XVI^e

MARDI 17 NOVEMBRE 1953, à 17 h. 30

Sous la présidence de M. OUTREY, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées.

POSSIBILITÉS D'EMPLOI DU CIMENT FONDU AVEC D'AUTRES CIMENTS AU SEIN DE DIVERSES AMBIANCES

par M. DURIEZ, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées,
Directeur des Services Techniques
du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

MARDI 24 NOVEMBRE 1953, à 17 h. 30

Sous la présidence de M. CHAPOUTHIER,
Contrôleur Général à l'Électricité de France.

CONTROLE DE LA QUALITÉ DES BÉTONS UTILISÉS SUR LES CHANTIERS DES GRANDS BARRAGES

par M. KILLAN, Chef du Laboratoire
de la Région d'Équipement Hydroélectrique Garonne de l'Électricité de France.

MARDI 1^{er} DÉCEMBRE 1953, à 17 h. 30

LA PRÉVENTION DES ACCIDENTS DU TRAVAIL SUR LES CHANTIERS DE BATIMENT ET DE TRAVAUX PUBLICS

par M. Pierre CALONI, Secrétaire Général
de l'Organisme Professionnel de Prévention du Bâtiment et des Travaux Publics.

MARDI 8 DÉCEMBRE 1953, à 17 h. 30

TRAVERSÉE D'UN BANC DE QUARTZITES FLUENTS ET SOUS PRESSION PAR LA GALERIE DE MALGOVERT

par M. J.-H. ROUSSELLE, Ingénieur en Chef de l'Aménagement à l'Électricité de France.

MARDI 15 DÉCEMBRE 1953, à 17 h. 30

ASPECTS PRATIQUES DE LA PRÉCONTRAINTE PAR CABLES
par M. MONTAGNON, Ingénieur des Arts et Manufactures.

L'INFORMATION TECHNIQUE CINÉMATOGRAPHIQUE

MERCREDI 9 DÉCEMBRE 1953, à 18 h. précises

**PERCEMENT DE LA GALERIE DE MALGOVERT
L'INDUSTRIALISATION DE LA CONSTRUCTION DES IMMEUBLES (PRO-
CÉDÉ CROIZAT ANGEL)
TÉLÉPHÉRIQUE D'ARTOUSTE
ACTUALITÉS DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS
LE BARRAGE DE L'AIGLE**

La carte spéciale d'inscription sera demandée à l'entrée.